





Garelli
12.2.8.17.11

SULLE
DOTTRINE ELETTRICHE

NEL SECOLO XVIII

SAGGIO STORICO

DEL DOTT. CAV.

FELICE GARELLI

PROF. DI FISICA E CHIMICA NEL R. LICEO G. B. BECCARIA

E DI AGRONOMIA NELL'ISTITUTO TECNICO

IN MONDOVÌ.

PARTE PRIMA



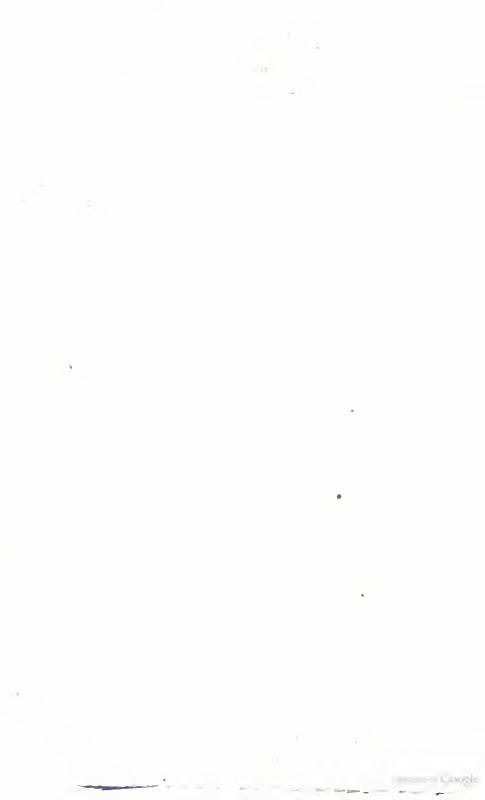
MONDOVÌ

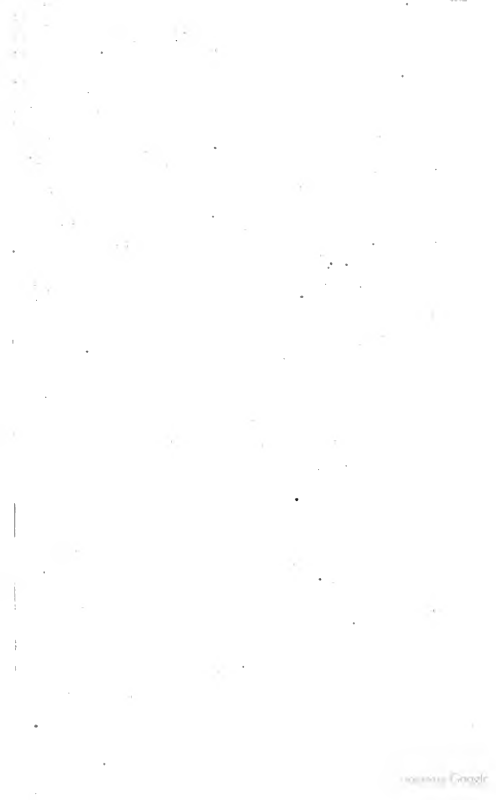
DALLA TIPOGRAFIA DI GIOVANNI ISSOGLIO

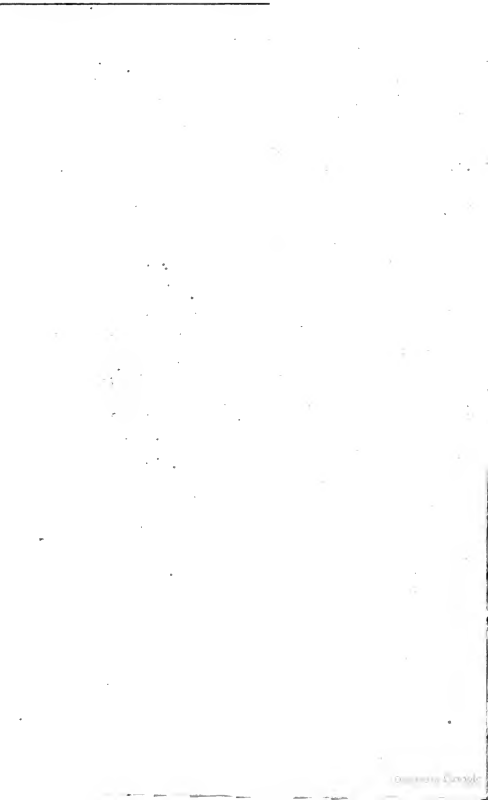
1866.

15

1







2527.5 11

SULLE

DOTTRINE ELETTRICHE

NEL SECOLO XVIII

SAGGIO STORICO

DEL DOTT. CAV.

FELICE GARELLI

PROF. DI FISICA E CHIMICA NEL R. LICEO G. B. BECCARIA

E DI AGRONOMIA NELL'ISTITUTO TECNICO

IN MONDOVÌ.



MINISTERO
DELLA
ISTRUZIONE PUBBLICA
DI TORINO

MONDOVÌ

DALLA TIPOGRAFIA DI GIOVANNI ISSOGLIO

1866.

*L'autore intende godere del privilegio accordato dalle vigenti leggi,
avendo adempito a quanto esse prescrivono.*

ADDÌ XVII MARZO MDCCCLXVI
GIORNO CONSACRATO ALLA RICORDANZA
DEGLI ILLUSTRI SCRITTORI E PENSATORI ITALIANI
FESTEGGIANDOSI LA PRIMA VOLTA
IN MONDOVÌ SUA PATRIA
LA MEMORIA DI G. B. BECCARIA
QUESTO LAVORO
SULLE DOTTRINE ELETTRICHE
OND' EGLI ACCREBBE SINGOLARMENTE LA SUA FAMA
AI SUOI CONCITTADINI
L'AUTORE
OFFRE DEDICA.

PREFAZIONE.

Tra le forze naturali scoperte e studiate dalla scienza moderna niuna v'ha, che per numero e per importanza di pratiche applicazioni superi la elettricità. Essa invero con la molteplicità degli effetti meccanici, calorifici, luminosi, chimici e fisiologici, onde è capace, in meno d'un secolo riempì il mondo delle sue maraviglie. Basti qui il ricordare, oltre ai parafulmini, l'applicazione dell'elettricità alla illuminazione, alla tessitura, alla doratura ed argentatura, alla galvanoplastica e soprattutto alla telegrafia. —

I progressi della scienza elettrica giovarono inoltre, e ben molto, all'incremento di tutte le fisiche discipline, e in particolar modo della chimica: la quale fornita, mercè sua, di nuovi e potentissimi mezzi di analisi e di sintesi, crebbe a'tempi nostri più, che non abbia fatto in tutti i secoli anteriori.

A buon diritto per ciò benemeriti della scienza e della umana civiltà sono proclamati coloro, che di tali scoperte furono iniziatori od autori. Molti di questi valorosi vanta la scienza elettrica da Gilbert ai tempi nostri: chè la singolare varietà e magnificenza de' fenomeni, sotto cui ne apparisce l'elettrico fluido, a sè rivolse, specialmente in questo e nel passato secolo, l'attenzione dei fisici.

Non ultimi furono gli italiani a concorrere alla nobile gara; nè per fermo si mostrarono essi da meno di quelli delle più colte nazioni di Europa. I nomi di G. B. Beccaria, del Galvani, e del Volta segnano un'epoca gloriosa per la patria nostra: essi vivono immortali nell'istoria della scienza, per quanto segnalati abbiano tuttavia ad esserne i progressi avvenire.

Vero è nullameno che la conoscenza delle opere di que'sommi non è diffusa appresso noi, quanto pure esser dovrebbe. — Vero è altresì che non giustamente è apprezzata la singolare efficacia, che le scoperte e gli scritti del Beccaria esercitarono sul rapido avanzamento degli studi elettrici in Italia, anzi in tutta Europa. Misurando, come dai più si suole, il merito dello scienziato dal numero e dalla pratica importanza delle scoperte da lui fatte, si giudica il Beccaria in modo non del tutto rispondente al vero. Ma a formare un retto giudizio di tali uomini vuolsi considerare ad un tempo e la condizione in cui trovarono la scienza, e il grado di perfezione a cui la recarono:

giacchè bene spesso la potenza del genio più si manifesta nell'ordinare la scienza, che non nell'accrescerla di una qualche pratica, ancorchè utilissima, applicazione. Partendo da questi criteri, che pur sono i principii razionali, onde s'hanno da informare sì fatti giudizi, ognuno riconosce nel Beccaria non soltanto la perizia, l'accuratezza e la sagacità che a sperimentatore si convengono, ma ben anco la virtù della mente e la scintilla del genio nel ricercare le cagioni dei naturali fenomeni: onde in lui, più che l'inventore, si ammira l'ordinatore ed il ristoratore della scienza.

Un libro pertanto, che tracciasse la storia delle fasi, per cui passò la scienza elettrica nel secolo di questi grandi Italiani, e, dichiarando l'ordine e la filiazione delle scoperte, giudicasse, secondo verità e giustizia, del merito di quanti efficacemente si adoperarono ai progressi della medesima, non sarebbe per avventura nè inutile riguardo alla scienza, nè privo d'importanza rispetto alla presente condizione degli studi in Italia, nè eziandio inopportuno per rivendicare a noi la priorità di alcune scoperte, onde oggidì n'han lode gli estrani.

La pubblicazione di un tale lavoro, conveniente in ogni tempo, è oggi consigliata e, stetti per dire, voluta a debito di riverenza verso le patrie glorie dalla solennità decretata alla memoria di G. B. Beccaria nella Città stessa, dove Egli ebbe i natali, e dove, recandosi Egli a riposare

l'animo e il corpo dalle durate fatiche, ideava e in gran parte compiva quelle sperienze, onde in tanta estimazione veniva appresso i dotti. — E che infatti più giova a dar merito e lode agli uomini grandi, quanto il far conoscere le opere, che li resero tali?

Da sì fatte considerazioni fu ispirato il lavoro, che oggi vede la luce.

La storia dell'elettricità nel secolo XVIII abbraccia due grandi periodi. Il primo incomincia col secolo e finisce con la scoperta della boccia di Leida: esso comprende i lavori di Hawkesbee, di Grey, di Dufay, di Nollet, di Muschembroek, ecc. Il secondo s'inaugura da Franklin e finisce con la scoperta della pila di Volta. Esso comprende, oltre alle scoperte di questi due riformatori della scienza, i risultati ottenuti da G. B. Beccaria, da Canton, da Epino, da Coulomb e da Galvani. — Agli accennati periodi succedono i due del secolo nostro, quanto brevi di tempo, altrettanto ricchi di importanti scoperte e di utili applicazioni. Il primo comprende l'esame degli effetti chimici, calorifici e meccanici della pila voltaica, e finisce con la scoperta di Oerstedt: dalla quale incomincia il periodo dell'elettro-magnetismo, che viene fino ai tempi nostri e raccoglie le bellissime scoperte di Ampère, di De la Rive, di Faraday, di Matteucci, di Wheatstone, ecc. Entrambi, o si riguardi soltanto la parte speculativa della scienza, ovvero si ponga mente alle pratiche applicazioni, formano

incontestabilmente la più splendida epoca dell'elettricità. Onde se altri ne componesse la storia, farebbe cosa, non che utile, necessaria.

L'autore, per le sovra esposte ragioni, limitò il suo lavoro ai due periodi del secolo passato; nel quale gli studi elettrici si ordinarono a scienza e si dischiuse la via alle scoperte, onde si gloria la età nostra. — Ma ad investigare le cagioni del progressivo esplicamento della scienza elettrica in quel secolo, stimò conveniente ed opportuno il premettere un cenno intorno alla condizione della scienza medesima nelle epoche precedenti. Laonde egli raccolse innanzi tratto le poche notizie ch'ebbero gli antichi sull'elettricità e sul magnetismo: e ricordò poscia sommariamente le ricerche istitutesi nel secolo XVII da Gilbert, dagli Accademici del Cimento, da Boyle, e da Ottone di Guericke. — Da ultimo a porre in chiara luce la importanza delle scoperte fatte sullo scorcio del secolo XVIII, e a dimostrare la efficacia, veramente maravigliosa, che le medesime esercitarono sui progressi degli studi elettrici, giudicò egli non inutile, nè inopportuna, un'esposizione sommaria delle conquiste, cui diede origine la pila di Volta dal cominciare del secolo XIX ai tempi nostri.

Era tuttavia questo un assunto non lieve certamente tanto per l'indole della materia, quanto per l'estensione della medesima: onde egli debbe qui confessare di essere

stato lungamente perplesso prima di assumersi volontariamente un còmpito così arduo per sè, così vasto per la materia, e dalla brevità del tempo reso ancor più difficile e grave. Ma finalmente il timore e la dubbiozza in lui furono vinti dalla coscienza che l'attuazione di quel pensiero, non che opera di buon cittadino, era come un dovere per lui, espositore, nell'Istituto che s'intitola dal BECCARIA, delle dottrine istesse, onde Egli si rese immortale.

Per queste ragioni l'autore confida che al suo modesto lavoro non venga meno la indulgenza di quanti seguono con amore i progressi della scienza nella Patria nostra.

Mondovì, 17 marzo 1866.



PERIODO PRIMO.

CONSIDERAZIONI PRELIMINARI SULLO STATO DELL'ELETTRICITÀ
NEL SECOLO XVII.

SEZIONE UNICA.

Origine dell'elettricità e del magnetismo. — Scoperte di Gilbert relative a queste due scienze. — Ricerche e sperimenti di Cabeo, dell'Accademia del Cimento, di Boyle; di Ottone di Guericke. — Conclusione.

I.

Il secolo che s'intitola da Galileo, da Kepler e da Cartesio, segna pure il cominciamento dello studio di un nuovo e poderosissimo agente della natura, la elettricità.

La esistenza di questa forza fu bensì presentita dagli antichi: invero, seicento anni prima di Cristo, Talete di Mileto, il fondatore della Scuola Ionica, e forse prima di lui i sacerdoti egizii che lo educarono allo studio della natura, osservò che l'ambra strofinata attraeva a sè i corpi leggeri (1). Ma, all'infuori di questo fenomeno fondamentale osservato da Talete, ricordato quindi da Teofrasto (2) e da più altri filosofi e scrittori dell'antichità, per ventidue secoli della nuova forza non si conobbe altro che il nome.

(1) Dal nome dell'ambra in greco *electron* si disse *elettricità* la virtù attrattiva che le viene dallo strofinamento. L'ambra fu pur detta dai latini *succinum*, *glassum*, e dagli antichi distinta eziandio col nome di *Karabè*, che in linguaggio persiano significa *tira-paglia*.

(2) Teofrasto nel suo trattato delle *pietre preziose*, sez. 53, dice che l'ambra attrae non solamente la segatura di legno e i fucelli di paglia, ma benanche dei pezzettini di rame e di ferro; e tale proprietà riconosce eziandio nel *lyncurium*, la tormalina dei moderni.

Ancora più antica è l'origine del magnetismo (1). Platone ne' suoi dialoghi già designa la calamita sotto il nome di *pietra di Eractia* ed accenna il fenomeno della comunicazione, per contatto, della virtù attrattiva dal magnete al ferro, descrivendo nell'*Yone* la famosa catena di anelli sospesi gli uni agli altri e tutti sorretti dal primo ch'era attaccato ad una calamita (2). — Plinio riferisce la proposta fatta da Dinocares a Tolomeo Filadelfo di costruire un tempio con volta di pietre magnetiche atta a sostenere una statua in ferro della regina Arsinoë. Dice inoltre potersi comunicare al ferro delle proprietà magnetiche *permanenti* (3). S. Agostino fa pur menzione di una statua sospesa in mezzo al tempio di Serapide in Alessandria. — Infine Lucrezio nella sua opera *de rerum natura* fa cenno delle curve magnetiche (4).

Ma assai prima dei Greci e dei Romani conobbero i Chinesi la proprietà della calamita e la applicarono alla navigazione. Vuolsi che più secoli innanzi l'E. V. già conoscessero l'azione direttrice, che il globo terrestre esercita sull'ago calamitato, e di tale cognizione si giovassero dapprima ne' viaggi attraverso le steppe immense della Tartaria: guidati cioè da una *bilancia magnetica*, di cui un braccio

(1) Gli antichi designarono la calamita col nome di magnete dalla città di Magnesia nella Lidia, dove questo minerale trovasi in abbondanza.

(2) Platone parlando della divina ispirazione de' poeti così si esprime: « Avviene di loro come della pietra che Euripide chiamò magnete e che alcuni dicono pietra Eractia, la quale non solo attira i ferri anelli, ma ne' medesimi infonde una virtù, che atti li rende a fare altrettanto ed attirare, come la pietra, altri anelli; sicchè spesso si forma una lunga catena di ferro e di anelli l'uno dall'altro pendenti, i quali tutti riconoscono dalla pietra la loro virtù ».

(3) « Sola haec materia ferri vires a magnete lapide accipit retinetque longo tempore ». Plinio XXXIV, 14.

(4) Lucrezio Caro nel libro V del suo poema così parla della calamita:

Quem magneta vocant patrio de nomine Graji
Magnetum quia sit patriis in finibus ortus,
Hunc homines lapidem mirantur: quippe catenam
Saepe ex anellis reddit pendentibus ex se.

Nota pure Lucrezio che alcune volte la calamita invece di attrarre respinge il ferro. Avviene talora, egli dice, che la pietra più non senta questa simpatia per il ferro, sicchè sembra solita ad attrarlo e a sfuggirlo a vicenda:

« Exultare etiam Samothracia ferrea vidi ».

presentava una figura d'uomo, che indicava costantemente il sud. Ciò afferma il Dubalde nella sua *descrizione dell'impero della China*, e risulta pure da un libro cinese, il *Szuki*, che data dalla prima metà del secondo secolo prima dell'E. V. — In un dizionario cinese del terzo secolo dell'Era nostra è indicato il metodo col quale si può, per mezzo di un fregamento regolare, trasfondere nel ferro la proprietà di rivolgere una delle sue estremità verso il sud. — Cent'anni più tardi, epperò settecento anni almeno prima dell'apparizione della bussola nei mari europei, i Chinesi, mercè dell'ago magnetico, dirigevano con sicurezza le loro giunche in ogni punto dell'oceano indiano.

Ma il magnetismo, che ebbe comune con lo elettricismo l'antichità dell'origine, divise pure con esso la secolare obliuione. Accennarono tuttavia queste due scienze sin dal loro nascero a quella unità, a cui le ridussero i fisici del secolo nostro. Infatti la identità d'azione dell'ambra e della calamita fu segnalata dai primi scrittori di cose naturali. Plinio così esprime la virtù delle ambre: « Genera ejus plura. Attrita digitorum accepta caloris anima trahunt in se paleas ac folia arida quae leuia sunt, ac ut magnes lapis ferri ramenta quoque » (1). La stessa idea si riscontra negli annali scientifici dei popoli orientali dell'Asia, e non meno chiaramente di Plinio la esprime il fisico cinese Kuopho nel suo elogio della calamita « la quale, ci dice, attrae il ferro al modo istesso che l'ambra attira i minutissimi grani di senapa » (2).

Da questa identità di azione del magnete e dell'ambra Platone argomentò dell'identità della causa. Osserva egli infatti doversi la causa dell'attrazione della calamita sul ferro e dell'ambra sui corpi leggeri ricercare nella impulsione di un fluido invisibile, che uscendo dalla calamita o dal corpo elettrizzato respinge l'aria, la quale poi nel

(1) Plinio XXXVII, 3.

(2) Humboldt. *Cosmos*, vol. I, pag. 151. — Klaproth. *Lettre a M. A. de Humboldt sur l'invention de la Boussole* 1834, pag. 125.

suo moto retrogrado trascina i corpi leggeri, che incontra per via ⁽¹⁾. Eppure, non ostante che la singolarità del fenomeno dell'ambra strofinata e la sua analogia con quello della calamita dovessero eccitare negli studiosi delle cose naturali la curiosità e il desiderio di proseguire le ricerche iniziate dalla scuola Ionica, cionullameno e Strabone e Dioscoride e Plutarco e quanti naturalisti scrissero fino al secolo XVII, tutti ricordano la scoperta di Talete, senza più aggiungervi altro di nuovo.

Al medico inglese Gilbert debbesi il merito d'aver richiamato i fisici allo studio della elettricità ⁽²⁾. Fatto suo il precetto inculcato da Leonardo da Vinci che « dall'esperienza vuolsi incominciare e per via di questa scuoprire la ragione de' naturali fenomeni » ⁽³⁾, egli ripete sovra altri corpi e in vario modo lo sperimento di Talete: e i risultati delle sue investigazioni ei raccoglie in un'opera, la quale per la novità dell'argomento e la varietà delle scoperte, non meno che per la vastità del concetto e per lo spirito divinatorio che la informa, riscuote l'ammirazione dei filosofi di quel tempo.

L'uso vieppiù crescente della bussola nella navigazione, e, più di tutto, le scoperte fatte da Cristoforo Colombo di una linea senza declinazione magnetica, delle variazioni nella declinazione per rispetto alla longitudine, e dell'applicazione dell'ago magnetico all'orientamento delle navi in alto mare ⁽⁴⁾, avviarono nel secolo XVI i fisici d'Europa allo studio del magnetismo.

(1) Platone. *Timeo*.

(2) Guglielmo Gilbert, nato a Colchester e morto nell'anno 1603, fu medico della regina Elisabetta e di Giacomo I d'Inghilterra. Egli godette, vivendo, di una grande e meritata riputazione. Oltre l'opera « *de magnete* » si hanno di lui molti opuscoli, i quali furono, dopo la sua morte, raccolti e pubblicati in Amsterdam col titolo « *De mundi nostri subltunaris philosophia nova* ».

(3) Venturi. *Essai sur les ouvrages physico-mathématiques de Léonard de Vinci* 1797, pag. 31.

(4) In una lettera che scrisse Colombo da Haiti nell'ottobre del 1498 si trovano le parole seguenti: « Ogni volta che, lasciate le coste di Spagna, io mi dirigo verso l'Indie, noto, dopo fatte 100 miglia marine all'ovest delle Azorre, un cangiamento

Quindi nel 1550 a Parigi s'incomincia una serie di osservazioni sulla declinazione, e già nel 1599 i navigatori olandesi ne compongono delle tavole abbastanza esatte per que' tempi; e nel 1576 Roberto Norman di Ratcliffe, costruttore di fisici apparati in Londra, ricerca la causa per cui l'ago magnetico perde l'orizzontalità col mutare di luogo, ed osservando che i pesi necessari a metterlo in piano orizzontale cangiano da luogo a luogo, scuopre il fenomeno della *inclinazione magnetica* ed immagina il suo « *inclinatorium* » o bussola d'inclinazione.

In questo ridestarsi degli studi magnetici, e precisamente al compiersi di quel secolo, pubblica Gilbert il suo classico lavoro « *De magnetē physiologia nova* » (1).

straordinario nel moto dei corpi celesti, nella temperatura dell'aria, e nello stato del mare. Osservando tali cangiamenti con scrupolosa attenzione conobbi che l'ago magnetico (*aguyas de marcar*), la cui declinazione aveva luogo fin là nella direzione di nord-est, passava al nord-ovest ».

La scoperta di questa *linea magnetica senza declinazione*, che volevasi da Colombo assunta per base della divisione tra i possedimenti di Portogallo e di Spagna, segna un punto memorabile nell'istoria dell'astronomia nautica, e fu giustamente celebrata dagli scrittori di quel tempo. Taluni anche fra i moderni attribuiscono l'onore di tale scoperta a Sebastiano Cabot, senza riflettere che il primo viaggio del navigatore veneziano fu di cinque anni posteriore alla prima spedizione dell'immortale Genovese.

Ma Colombo non solamente scuoprì nell'Oceano Atlantico una plaga dove il meridiano magnetico coincide col geografico; riconobbe altresì le variazioni della declinazione notando, il 13 settembre 1492, che a 2 1/2 verso l'est dell'isola Corvo la *declinazione magnetica cangia e passa dal nord-est al nord-ovest*. Fece da ultimo l'osservazione importantissima che la declinazione magnetica può servire a determinare il luogo di una nave rispetto alla longitudine. Risulta infatti dal giornale del suo secondo viaggio (aprile 1496) che egli si orienta mercè la declinazione dell'ago calamitato. Il perù scrisse Humboldt « aver egli non soltanto lo incontestabile merito d'aver primo scoperto una *linea senza declinazione magnetica*, ma eziandio d'aver propagato in Europa lo studio del magnetismo terrestre con le sue considerazioni sull'incremento progressivo della declinazione verso l'ovest a misura che egli si discostava da quella linea ». Humboldt *Cosmos* vol. II, pag. 240, 241, 242... 422.

(1) Guilielmi Gilberti Colecestrensis medici Londinensis, *de magnetē, de magnetisq; corporibus, et de magno magnetē tellure, physiologia nova*. MDC.

Gilbert combatte dapprima le strane ipotesi escogitate da Maurolico, da Porta, da Fracastoro, da Cardano intorno alla causa dei fenomeni magnetici (1). Facendosi poscia a studiare la calamita dimostra che non tutta ne' poli è concentrata la virtù attrattiva, sibbene diffusa in ogni punto della massa così, che dall' equatore viene crescendo per gradi insino al polo (2). Espone diversi metodi, anche tuttavia adoperati, per determinare i poli d'una calamita (3). Riconosce la influenza dell'armatura sulla intensità del potere magnetico e mostra come ogni porzione di calamita conservi la stessa virtù della massa da cui fu divisa (4). Dichiarà infine la legge della ripulsione dei poli omonimi e dell'altrazione dei contrarii: onde il volgersi costantemente verso il nord del polo australe di una calamita libera nel suo movimento (5).

Attribuisce ai Chinesi la invenzione della bussola: erra tuttavia nel concedere a Marco Polo il merito di averla primo introdotta in Europa (6). Propone l'uso della bussola di inclinazione, inventata da

(1) Maurolico pensa che la calamita, nutrendosi del ferro che attira, ricavi da tale nutrimento tutta la forza e il vigore

Porta nella sua *magia naturale*, lib. VII, dice la calamita un miscuglio di ferro e di pietra, nel quale tuttavia la pietra è la parte maggiore. Le due sostanze sono in guerra fra loro; e vincerebbe la pietra se il magnete non avesse l'esclusivo privilegio di valersi dell'aiuto del ferro che gli si trova vicino. — A spiegare la direzione dell'ago magnetico Fracastoro suppone la esistenza di montagne magnetiche verso i poli della terra. — Cardano vuole che la declinazione sia generata dal levare di una stella posta nella coda dell'Orsa maggiore.

V. *Libes hist. phil. des progrès de la Phys.* Tom. I, pag. 170, 171. Gilbert de *magnete* lib. I, cap. I e seg.

(2) *De magnete* lib. I, cap. III.

(3) *Ib.* *Ib.*

(4) *De magnete*, lib. I, cap. V.

(5) *Ib.* lib. I, cap. IV.

(6) In Europa si fa il primo cenno dell'ago calamitato nella bibbia satirica di Guyot de Provins (1190) sotto il nome di *Marinette*. Egli incomincia a dir della stella polare: *icelle étoile ne se muet*, e aggiunge tosto:

Un art font, qui mentir ne puet
Par la vertu de la *Marinette*
Une pierre laide et noirette,
Ou le fer volontiers se joint ccc.

Norman, per determinare la latitudine di una nave durante le notti senza stelle (aëre caliginoso) (1): proposizione che il suo discepolo Edward Wright giudicò « valere molt'oro » (2). Riconosce i fenomeni di direzione e di declinazione dell'ago magnetico indipendenti dall'attrazione e così li spiega: esiste una potenza diffusa bensì in ogni parte

Il Cardinale Giacomo de Vitry vescovo di Tolemaide (1204-1215) lo ricorda pure nella sua *Storia Gerosolimitana*. Dante nel XII canto del Paradiso così accenna la virtù dell'ago calamitato:

« Del cor dell'una delle luci nuove
Si mosse voce, che l'ago alla stella
- Parer mi fece in volgermi al suo dove ».

S'ignora anche oggidì l'inventore della bussola e l'epoca della invenzione. Neppure si sa positivamente a chi debba attribuirsi il merito d'avcrne introdotto l'uso in Europa.

Flavio Gioia, nato a Positano presso Amalfi sul finire del secolo XIII, ne fu per lungo tempo creduto l'inventore. Ma oltrechè dalle testimonianze de' citati scrittori chiaramente apparisce che presso i navigatori dei mari Europei già era in uso la bussola un secolo prima che il Gioia nascesse, trovasi ancora nel libro di Raimondo Lullo *De contemplatione*, del 1272, che i Catalani e i Baschi verso la metà del secolo XIII già si servivano della bussola. Finalmente in altro libro dello stesso autore intitolato « *Fenix de las maravillas del orbe* » scritto nel 1286 si legge che a' suoi tempi « tenian les marçantes instrumento, carta, compas y aguya ».

La bussola usata ne secoli XII e XIII consisteva probabilmente in un semplice ago calamitato reso galleggiante sull'acqua con pezzi di sovero o con fuscilli di paglia: strumento assai imperfetto e ben di spesso dall'agitazione del mare reso inutile. Ora l'amalfitano, secondo l'asserzione di più scrittori, avrebbe immaginato la sospensione, come oggi si suole, dell'ago sovra un perno, attorno a cui è mobile in ogni senso. Tale d'altronde è la espressione letterale del famoso verso latino:

« Prima dedit nautis usum magnetis Amalphis ».

Ecco ora le parole di Gilbert: « Illa quidem pixidae nihil unquam humanis excogitatum artibus humano generi profuisse magis constat. Scientia nauticae pixidulae traducta videtur in Italiam per Paulum Venetum, qui circa annum MCCLX apud Chinas artem pixidis didicit ». Ma a dimostrare la insussistenza di questa supposizione basta l'osservare che i viaggi di Marco Polo sono compresi tra il 1271 e il 1295, e per ciò posteriori agli scritti di Guyot, di Vitry, di Dante e di Lullo.

Secondo l'opinione di A. di Humboldt l'Europa deve l'uso della bussola agli Arabi, i quali già l'avrebbero imparato dai Chinesi.

V. Azuni, *dissertazione sull'invenzione della bussola*. — Humboldt, *Cosmos*. Vol. I, pag. 145; vol. II, pag. 222, 223. — Becquerel, *Traité de physique considéré dans ses rapports avec la chimie et les sciences naturelles*, vol. I. Introduction historique, pag. 86, 87.

(1) *De magnete* lib. V, cap. 8.

(2) V. prefazione aggiunta all'opera di Gilbert.

della terra ma operante con maggiore intensità verso i poli; questa determina la direzione dell'ago ⁽¹⁾. Le eminenze di cui è irta la terra, diseguali e disegualmente distribuite sulla sua superficie, sono causa della declinazione ⁽²⁾.

Levandosi poscia a più alti concepimenti ei considera la terra come un'unica e potente calamita « magnus magnes ipse est globus terrestris » ⁽³⁾; e dalla distribuzione e configurazione dei continenti, e dalla forma ed estensione dei mari che li disgiungono, fa dipendere le inflessioni e curvature delle *linee isogonali ed isocline* ⁽⁴⁾. Tanto chiara infine è nella sua mente la idea della distribuzione del magnetismo nel globo terrestre, che egli già attribuisce alla influenza del medesimo lo stato magnetico delle sbarre di ferro poste sulle vecchie torri delle chiese ⁽⁵⁾.

III.

Alla discussione dei fenomeni magnetici Gilbert associa lo studio delle elettriche attrazioni. Lo sperimento dell'ambra gli è guida a nuove indagini: e a meglio scorgerne i risultati foggia metalli in lunghe e sottili lamine, che, a modo di aghi magnetici, rendo mobili sopra di un perno (*versorium electricum*): e poscia loro accostando corpi previamente strofinati osserva la deviazione dell'ago elettrico e ne

(1) *De magnete*, lib. IV, cap. 6.

(2) *Id.* lib. IV, cap. 2.

(3) *Id.* lib. VI, cap. 4. *Linee isogonali*, ossia di uguale declinazione magnetica; *linee isocline*, ossia di uguale inclinazione magnetica.

(4) *Id.* lib. I, cap. XVII; lib. II, cap. XXXIV; lib. III, cap. I, IV, XII e passim.

(5) La magnetizzazione per l'influenza della terra fu la prima volta avvertita, nel 1590, nella verga di ferro dell'anemometro posto sulla torre di S. Agostino in Mantova. Gassendi riconobbe poscia magnetizzata la croce ferrea del campanile di S. Giovanni d'Aix in Provenza, ed altri quella della torre della Cattedrale di Chartres. — Il fisico italiano Grimaldi trovò magnetizzata una sbarra di ferro tenuta per qualche tempo in posizione verticale. — Il padre cappuccino Da S. Martino osservò pure che gli aghi da cucire, posti a galleggiare sull'acqua, dopo un certo tempo si dirigono nel meridiano magnetico. — Lo stesso fenomeno contemporaneamente osservava in Firenze il Fontana in fili di ferro e d'acciaio rotti in pezzi.

deduce l'intensità dell'elettrizzazione dei corpi. Sperimenta ancora su i liquidi presentandoli al corpo elettrizzato in gocce aderenti a corpi secchi, e queste, di sferiche quali sono, vede ridursi a forma conica. Per tal modo egli giunge a conoscere che « la proprietà di attirare le materie leggere o ridotte in polvere, di qualsivoglia natura siano esse, non è propria solamente dell'ambra: la quale non è che un succo minerale solidificato, travolto dai fiotti del mare, e dentro cui insetti alati, formiche e vermi sono imprigionati, come in eterni sepolcri. Questa forza di attrazione appartiene ad una classe intiera di sostanze differentissime, quali il vetro, il solfo, la cera lacca, e tutte le resine, il cristallo di rocca e tutte le pietre preziose, l'allume e il salgemma. Ed esse per lo strofinamento ricevono la proprietà di attirare non solo le paglie, ma tutti i corpi della natura, ad eccezione dell'aria, della fiamma, del fumo leggero e dei corpi in ignizione ».

A spiegare queste attrazioni egli accetta la idea di Plutarco (1): crede cioè che l'ambra e le altre sostanze elettriche sprigionino nello strofinamento una sottilissima materia di natura untuosa, i cui effluvi avviluppando i corpuscoli vicini li attraggono a quel modo istesso, che due gocce d'acqua, avvicinate quasi a mutuo contatto, si uniscono e formano una goccia sola (2).

Accenna quindi le condizioni più acconce alla produzione dei fenomeni elettrici. Riconosce la necessità dello strofinamento, il quale è tanto più efficace, quanto più è veloce e leggero. Trova d'ogni altra sostanza più adatto pel fregamento le stoffe di seta. Osserva che il vento del nord rende più intensa e durevole la elettrica virtù, la quale per contro quasi subitamente si sperde se spira il vento del sud, o se umida è l'aria circostante.

(1) Plutarco nelle *questioni platoniche* dice che l'ambra in sé racchiude un principio igneo, il quale scacciato per mezzo della frizione dagli aperti meati, attrae i corpi vicini.

(2) *De magnete*, lib. II, cap. 2.

Nella trattazione dei fenomeni elettrici segue Gilbert l'ordine istesso già tenuto nello studio del magnetismo: poichè egli congettura che le cause, onde sono prodotti i due ordini di fenomeni, non sono forze tra loro isolate ed indipendenti, ma solo manifestazioni diverse di una forza unica inerente alla materia. Quindi come la terra è per lui un grande magnete; così per analogia « il globo terrestre forma un tutto le cui parti in virtù di una elettrica forza stanno riunite e congiunte (*globus telluris per se electricæ congregatur et cohaeret*): perciocchè la elettricità tende a raccogliere e riunire la materia (*motus electricus est motus coacervationis materiae*). Nelle quali sentenze si intravede il concetto di una *elettricità terrestre*, ossia di una forza, come il magnetismo, appartenente alla materia in quanto è materia.

Ammette tuttavia dei caratteri distintivi fra l'elettricità ed il magnetismo. La calamita, egli dice, non attira che la calamita; un corpo elettrizzato attrae tutti i corpi della natura. La forza d'un magnete è atta a reggere pesi di varia grandezza; quella dei corpi elettrizzati opera soltanto sopra tenuissime particelle materiali. Un'aria alquanto umida spegne la virtù elettrica; l'umidità dell'atmosfera non altera punto la intensità della forza magnetica. I corpuscoli attirati da un corpo elettrizzato sono animati da un moto rettilineo diretto al centro del corpo che li attira; il magnete per contro direttamente non attira che verso i poli. Crede da ultimo che la elettricità si manifesti per sola attrazione e non eziandio per ripulsione, come il magnetismo (1).

IV.

Queste sono, sommariamente esposte, le principali scoperte del fisico inglese (2). Non è a dire tuttavia che nello stabilire i principii delle due scienze ei non abbia talvolta errato: nè tutti i pensamenti

(1) *De magnete* lib. II, cap. 1.

(2) L'opera di Gilbert è divisa in sei libri: Nel primo tratta della varietà di pietre magnetiche e delle loro proprietà; della identità di sostanza del magnete e del ferro, e della magnetica sostanza della terra. Distingue cinque movimenti prodotti dal

di lui sono il frutto di una mente, che sa a sua posta frenare gli slanci della immaginazione e sottometterli all'impero della fredda ragione. Citiamo a prova le proposizioni seguenti. A rendersi ragione dell'elettrizzabilità di alcuni corpi e della non elettrizzabilità di altri egli suppone che la terra si componga di due parti, l'una secca e l'altra umida; e che i corpi nascano dall'una o dall'altra, o da ambedue, ma in diverse proporzioni. Quelli, che nascendo dall'umido, pigliano a poco a poco una consistenza solida, come il succino e le varie sostanze cristalline, acquistano l'attitudine allo elettrizzamento; all'opposto i corpi che nascono da miscele di parti umide e di secco, ossia di terra e di acqua, ovvero solamente di parti terrose, non sono elettrizzabili. — Altrove egli dice: « so sovra la superficie d'un'acqua tranquilla si colloca un magneto sferico così che guardi al sud quello de' suoi poli, che al nord naturalmente si volge, lo si vede subitamente animarsi d'un moto circolare intorno al proprio centro, insino a che i suoi poli abbiano ripreso la direzione che loro conviene. Una montagna magnetica galleggiante sopra un mare profondo presenterebbe lo stesso fenomeno. Ancor essa la terra offrirebbe lo spettacolo di un talo movimento, se i poli della medesima per un istante perdessero la direzione che loro è propria. *La terra ha dunque ricevuto dalla natura una forza capace di determinare in lei il moto di rotazione* ⁽¹⁾; *e questa forza è la forza magnetica, ch' essa ha comune con tutti i corpi celesti e che devesi riguardare come l'anima dell'universo* » ⁽²⁾.

magnetismo: l'attrazione (coitio), la direzione, la verticità ossia la virtù rivolgente, la variazione ossia deflessione dal meridiano, e la declinazione (descensus infra horizontem poli magnetici).

Nel secondo libro dimostra che il magnete ha due poli ecc. e che il ferro ha pur esso due poli, e subisce la verticità, la direzione ecc.

Collega quindi le attrazioni elettriche alle magnetiche.

Nei tre libri successivi dà ragione delle singole virtù del magnete: cioè della direzione, delle variazioni, e della declinazione.

Nel sesto libro finalmente tratta del magnetismo terrestre e dei moti della terra secondo il sistema Copernicano.

(1) *De Magnete* lib. VI, cap. 4. (2) *Id.* lib. V, cap. 12.

Congetture siffatte fecero dire al Montucla che nella fisiologia magnetica di Gilbert « ai molti lampi di genio si accompagnano pure molti sogni » (1). Ma alla eccessiva severità d'una tale sentenza, non meno che al giudizio poco benevolo, che di Gilbert portava Bacone da Verulamio, noi possiamo contrapporre la lode di altri suoi compatrioti e quella, non certamente sospetta, del Galileo e del Sarpi.

Galileo meravigliato del genio divinatore di Gilbert lo chiamò « grande sino a muover la invidia ». — Fra Paolo Sarpi che, filosofo e teologo dottissimo, fu pure nelle fisiche discipline valente così, da averne gli encomii dallo stesso Galileo, e a cui si debbono ancora delle importanti osservazioni magnetiche (2), disse di congratularsi col secolo, in che gli era toccato in sorte di vivere, perchè aveva prodotto due ingegni veramente originali e non ricchi di aliene ricchezze, quali erano il Gilberto ed il matematico Vieta. — Priestley dichiara potersi Gilbert a giusto titolo chiamare il padre della elettricità moderna, tuttochè l'abbia lasciata nella prima infanzia (3). E ai tempi nostri Whewell nella sua « *Philosophie of the inductive sciences* » lo annovera fra i più eminenti « practical Reformers » delle scienze positive.

Infine al disopra di questi giudizi, comechè autorevoli, stanno le testimonianze irrefragabili della scienza, la quale, anzichè ripudiare, confermò solennemente le scoperte e i concepimenti di Gilbert. Ei considera la terra come un grande magnete: Coulomb e Gauss

(1) Montucla *Histoire des mathématiques*, tom. V, pag. 536. Libes, *Hist. phil. des progrès de la phys.* tom. I, pag. 263.

(2) Le osservazioni di Frà Paolo Sarpi riguardano la inclinazione e la declinazione dell'ago magnetico; la comunione del magnetismo; e le cngioni onde si accresce o si perde; l'azione reciproca dei corpi calamitati ecc. Il Grisellini accenna questi sperimenti eseguiti dal Sarpi e da esso registrati in un autografo esistente nella biblioteca dei Servi in Venezia, col titolo « *Mémorie aneddoté ecc.* ».

Dal Sarpi apprese G. B. Porta le cognizioni magnetiche contenute nel suo libro « *della magia naturale* » e l'ebbe in tanta venerazione da chiamarlo uomo enciclopedico, nato non solo all'onore dell'Italia, ma dell'umanità.

(3) Priestley *Hist. de l'électr.* tom. 1, pag. 9.

traducono la congettura di lui in verità dimostrata: anzi Gauss ne misura perfino la forza, attribuendole per ciascuna ottava parte di metro cubo la intensità magnetica d'una sbarra calamitata del peso di una libbra (1). — La teoria di Gilbert non tien conto della eterogeneità specifica delle sostanze, ma solo, come la teoria della gravitazione, della quantità delle parti materiali, ossia della massa: la impreveduta scoperta fatta da Arago, nel 1825, del magnetismo di rotazione, e i recenti lavori di Faraday sovra il diamagnetismo de' corpi hanno confermato il principio di Gilbert, che ogni materia è capace indistintamente di forza magnetica. Gilbert finalmente insieme raccoglie i fenomeni della elettricità e del magnetismo presentendoli quasi manifestazioni d'una medesima forza, la quale compenetra ed agita la materia: le scoperte mirabili di Oerstedt e di Ampère hanno, da più che trent'anni, proclamata la unità dei due fluidi imponderabili.

V.

Pensatamente ci arrestammo a descrivere con alquanto diffusione i risultati delle esperienze di Gilbert, mossi da altra ragione che non quella sola della intrinseca loro importanza. A studiare le varie fasi subite da una scienza e seguirne il progressivo esplicamento in una epoca qualunque, uopo è innanzi tutto accennare lo stato della scienza medesima nelle epoche precedenti, od almeno in quella immediatamente anteriore.

Le ricerche di Gilbert, quantunque fatte verisimilmente dal 1590 al 1600, possono tuttavia rappresentare lo stato della scienza durante il secolo XVII: poco per lo meno v'ha da aggiungere per comporre intiero lo specchio dell'eredità tramandata da l'un secolo all'altro. Giacchè o fosse che le grandiose scoperte di que' tempi, quelle sovra

(1) Gauss. *Théorie générale du magnétisme terrestre*. V. Résultats de l'union magnétique 1838 pag. 46.

tutto della meccanica celeste, a sè traessero gli ingegni più eletti, ovvero che frivole al paragone di altri studi e poco meno che inutili le speculazioni di Gilbert si riputassero, o fosse che lo spirito lungamente compresso dal tirannico impero delle peripatetiche dottrine rifuggisse ancora dai nuovi metodi di investigazione predicati da Bacon e applicati da Galileo, fatto è che la scienza elettrica non ebbe per tutto quel secolo nè molti, nè assidui cultori. Poche pertanto furono le scoperte aggiunte a quelle di Gilbert: mentre a questo lieve guadagno si contrappose un danno forse maggiore, perdendo di vista le profonde speculazioni di lui intorno alla connessione dei due ordini di fenomeni elettrici e magnetici.

Infatti nella « *Philosophia magnetica* » pubblicata nel 1629 dal gesuita ferrarese Nicola Cabeo, e nei « *Saggi* » del Magalotti intorno le naturali sperienze istituite dall'Accademia del Cimento dal 1657 al 1667, come pure nel « *Boyle's mechanical production of electricity* » si trova un piccolo numero di sperienze e queste ancora tutte relative alla semplice attrazione.

Il Cabeo nulla aggiunge alle sperienze di Gilbert ⁽¹⁾: combatte anzi la opinione di lui che la terra sia un grande magnete: ammette tuttavia che la terra sia causa delle variazioni dell'ago, e le ineguaglianze della sua superficie causa della declinazione.

Parlando delle variazioni nella direzione accenna la possibilità di applicarle alla determinazione, non della longitudine, ma della latitudine. Esaminando l'attrazione magnetica sul ferro, riconosce questa

(1) L'opera del Cabeo è intitolata « *Philosophia magnetica, in qua magnetis natura penitus explicatur, et omnia quae hoc lapide cernuntur causae propriae afferuntur: nova etiam plexus constructitur, quae propriam poli elevationem, cum suo meridiano ubique demonstrat. Auctore Nicolao Cabeo Ferrariensi Soc. Jesu, ad Ludovicum XIII Galliarum et Navarrae regem christianissimum. Ferrariae 1629* ». Essa è divisa in 4 libri. Il primo riguarda la magnetica direzione; il secondo le attrazioni magnetiche e le elettriche; il terzo ed il quarto comprendono l'esame degli effetti che si riferiscono alla direzione ed all'attrazione magnetica.

attrazione reciproca in entrambi (1). Associa pure lo studio delle attrazioni magnetiche e delle elettriche, le quali tuttavia distingue fra loro, come Gilbert, 1.° Perchè manifestantisi le prime in pochi corpi, e le seconde in molti e differentissimi. 2.° Perchè i magneti attirano solamente i corpi magnetici, mentre gli elettrici attraggono tutti i corpi, purchè non troppo radi e non troppo pesanti (2).

A spiegare poi il fenomeno delle elettriche attrazioni ei ricorre ad un' ipotesi poco diversa da quella di Plutarco e di Gilbert, immaginata già da Epicuro per ispiegare le magnetiche azioni. Suppone cioè delle emanazioni untuose, che riscaldate per lo strofinamento escano dai corpi e respingano l'aria circostante: respinte poscia a loro volta nel raffreddarsi e contorte a turbine per la resistenza dell'aria lontana, a cui non arriva la influenza elettrica, indietreggiano, e in questo loro moto retrogrado seco trasportano i corpi leggieri (3).

La differenza tra l'ipotesi di Cabeo e quella di Gilbert è questa: che Gilbert vuole che la elettrica attrazione avvenga *per effusione di umori, e che l'umido tragga l'umido e quindi generi l'attrazione*. Cabeo per contro suppone prodotto questo fenomeno per trasmissione di effluvii, ma non per via umida, sibbene per pura e semplice trasmissione di emanazioni, che uscendo dal corpo elettrizzato spingano l'aria e siano poscia da questa risospinte verso il corpo (4).

(1) « Si in magno vase aqua pleno ponas in duabus cymbulis, in altera magnetem, in altera ferrum, et ambo convenienti ratione sint sibi invicem intra sphaeram activitatis, videbils non solum ferrum in sua cymbula adnavigari ad magnetem, sed iisdem naturae remis agi etiam magnetem ad ferrum, atque ita omnino ambi collatis viribus simul movebuntur, ut sibi in medio occurrat itinere. Ergo non solum magnes ad ferrum, neque ferrum solum ad magnetem, sed evidenter ambo ad invicem ruunt ». Lib. IV, cap. XXI. (2) Id. Lib. II, cap. XVII, XVIII, XIX.

(3) Epicuro supponeva dipendere la virtù attrattiva del magnete dall'incontrarsi ed aggrapparsi fra loro di atomi emanati dalla calamita con altri che emanano dal ferro. V. Galieno de natural. facult. lib. I, cap. XIV.

(4) « Dico igitur ex electro, seu quolibet corpore atrahente electrico, quando sic atrahit, effluere effluvium tenuissimum, quod aërem attenuat et disjicit, imo incitatissime impellit; tum vero attenuatus et impulsus aër revertitur ad corpus electricum, secumque una rapit paleas et quaecumque obvia corpuscula ». Cabeo lib. 2, cap. XXI.

Identica opinione emise il P. Kirker nella sua opera dell'arte magnetica (1). Egli discusse inoltre con molto acume l'arduo problema della declinazione: intorno al quale, invitati i dotti d'Europa ad istituire, nelle rispettive contrade, delle osservazioni contemporanee, e queste poscia raccolte e confrontate colle proprie, compose uno specchio, che presentava le differenze di declinazione in tutte le regioni della terra (2). A darsi quindi ragione di queste differenze egli pone a galleggiare sull'acqua diversi magneti, e facendo scorrere sul liquido un ago calamitato scorge notevoli differenze di declinazione, ch'egli attribuisce alla diversità nelle direzioni e nelle forze, che animano gli effluvi delle calamite, di cui l'ago subisce la influenza. Similmente, egli dice, le emanazioni magnetiche de' diversi punti della terra, nella intensità e nella direzione differenti, a causa delle ineguaglianze della superficie terrestre, come già notava Gilbert, determinano la declinazione orientale ed occidentale dell'ago. Le variazioni poi della declinazione dipendono dai fuochi sotterranei che agitano le viscere della terra (3). Egli infine concorda con Gilbert nel considerare la terra come un grande magnete (4).

Gli Accademici del Cimento seguirono le orme di Gilbert compiendo una serie di esperimenti sull'ambra e su parecchi altri corpi. I risultati principali delle loro ricerche a questi si riducono: essere l'ambra gialla sopra ogni altro corpo, ricchissima di elettrica virtù: seguirla poscia la ceralacca fina, il diamante, le altre pietre preziose, non tuttavia ordinate per ragion di durezza: quindi i vetri, i cristalli, l'ambra bianca e la nera ecc. — Attrarre l'ambra strofinata tutti i corpi,

(1) V. Lib. III, cap. III.

(2) Id. Lib. II, cap. V.

(3) Id. Id.

(4) Il P. Gesuita Atanasio Kirker fu uno de' più eruditi uomini, che vantasse la Germania nel secolo XVII. In tutti i rami delle scienze naturali e matematiche egli lasciò pregiati lavori. L'ottica segnatamente fu da lui coltivata con successo; e a lui si deve la invenzione della lanterna magica.

Nacque a Giessen presso Fulda nel 1602, e morì a Roma nel 1680.

eziandio il fumo, eccettuata la fiamma. — Essere il riscaldamento favorevole all'ambra e talvolta bastare da solo all'elettrizzazione della medesima. — Meglio risvegliarsi in essa la virtù attrattiva, strofinandola con corpi aventi alcune minime disuguaglianze ed asprezze sulla loro superficie, come il panno, la tela, ecc., che non con materie di superficie levigata, come il vetro, i metalli bruniti, ecc. — Essere reciproca l'attrazione fra l'ambra ed i corpi ad essa avvicinati: venendo essa pure attirata, se resa mobile a guisa di ago magnetico. — Attirare l'ambra eziandio i liquidi, reggendoli se in piccole gocce, rialzandone la superficie se raccolti in vasi. — Spegnerne alcuni liquidi la virtù elettrica ed altri conservarla, allorchè si bagni con essi l'ambra strofinata (prima distinzione, come osserva il Pianciani, fra i corpi che tolgono agli altri ossia *conducono* la elettricità e quelli che difficilmente la tolgono e *conducono*). — Bastare finalmente ad impedire l'attrazione dell'ambra la interposizione d'un velo sottilissimo di tela o di foglia d'oro (1).

Analoghe sperienze istituirono gli Accademici del Cimento intorno alle cause variamente modificatrici della forza attrattiva delle calamite. Dimostrarono essi che ponendo tra la calamita e una bussola dei vasi pieni di mercurio, di acquarente (alcool), di sabbia, di pietre, di limatura di metalli, purchè questi non fossero di ferro o di acciaio, non si alterava l'attività magnetica. Inoltre « avendo rammonati l'un sopra l'altro cinquanta piatti d'oro si vide un ago messo in su l'ultimo piatto per di sopra obbedire ai moti d'una calamita mossa rasente il fondo di quel di sotto ». Immerso similmente un ago magnetico per entro a liquidi diversi apparve come « la virtù magnetica nè si frange, nè s'invigorisce dalla diversità de' fluidi, pei quali ella penetra; attrae bensì la calamita da varie distanze, ma ciò fa ella secondochè il mezzo più leggiero o più grave alleggerisce più o meno

(1) *Saggi di naturali esperienze fatte nell'Accademia del Cimento, descritte dal conte Lorenzo Magalotti. Venezia 1771, pag. 147 e seg.*

l'ago che per entro vi nuota, onde la stessa forza o virtù lo muove più da lontano o dappresso ». — Si riconobbe da ultimo che l'ago magnetico attrae più nella sua naturale direzione da nord a sud, che non rivolto in qualsivoglia altra parte⁽¹⁾.

Alle esperienze del Cimento corrispondono quelle istituite in Inghilterra da Roberto Boyle e dal medesimo pubblicate verso il 1670. Egli accresce la serie delle sostanze riconosciute elettriche e dimostra che l'azione dei corpi elettrici, a differenza di quella del magnete, che opera (così credevasi a quei tempi) sovra una sola specie di materia, si estende egualmente ai corpi non elettrici, attraendo essi, l'alcool, i liquidi in generale, e il fumo stesso di una candela appena spenta; che questa attrazione, come pure la magnetica, si esercita pure nel vacuo, poichè sospendendo un pezzo d'ambra strofinata nel

(8) *Saggi di naturali esperienze ecc.* pag. 142 e seg.

L'Accademia del Cimento giovò non poco al progresso dei fisici studi, e con le esperienze, e con gli strumenti da essa costrutti e poscia diffusi per tutta Europa, e più ancora con l'eccitamento dell'esempio. Essa, dice il Magalotti nella vita del principe Leopoldo, che la istituiva nel 1657, fu l'esemplare ed il modello delle altre società scientifiche dell'Europa; le quali tutte sorsero posteriori ad essa e tutte ad essa si uniformarono nei metodi e nelle forme. Così la Società Reale di Londra ebbe principio l'anno 1663, quella di Parigi l'anno 1666. E la Società dei *Curiosi della natura* si eresse in Accademia nel 1670. — L'Accademia del Cimento dovette la sua origine all'avvedutezza di Vincenzo Viviani, uno degli illustri discepoli di Galileo, ed ecco il come. Alcuni ciurmadori di sottilissima industria avevano fatto credere al Granduca Ferdinando II che essi possedevano l'arte di convertire in oro i metalli men nobili, osservandogli in pari tempo (e quest'era l'essenziale per loro) che molte e gravi spese innanzi tutto occorrevano per queste operazioni d'altronde assai proficue e lucrose. Credette il principe alle affermazioni loro, e diede ordine che si fabbricassero strumenti, e si creassero fornelli e laboratori. Volle tuttavia, e fu buona ventura, che alle manipolazioni di costoro assistesse il Viviani, il quale discuoprì tosto le frodi di quei giuntatori e persuase il Granduca a discacciarli. Gli suggerì di poi di volgere a miglior uso gli apprestati istrumenti, impiegandoli cioè in fisiche esperienze. Piacque il consiglio al Granduca e al principe Leopoldo suo fratello: il quale, considerando che le esperienze acquisterebbero maggior fede se da più persone di chiara dottrina eseguite venissero e più d'una volta eziandio si reiterassero, fece a tal uopo una scelta di oculati filosofi; e da questi ebbe principio quella accademia chiamata del Cimento, il cui istituto non fu mai altro che di andar dietro alle verità per la via dell'esperienza, come appunto lo indica il nome e il motto: « Provando e riprovando » con cui si volle distinguere.

recipiente della macchina pneumatica, e facendola, nel vuoto, accostare a corpi leggeri, vide che essa li attirava, come nell'aria. — Riconosce che un corpo non elettrizzato opera anch'esso sovra un altro che lo sia; questo infatti si muove, se lo si sospende a modo di ago magnetico e quindi gli si accosta un corpo elettrizzato. Il che in altre parole significa che l'attrazione de' corpi elettrici dà luogo ad una pari reazione ne' corpi non elettrizzati, siccome già aveva notato il Cimento (1), e come più tardi mostrava il Newton dover succedere per tutte le azioni a distanza. Studia quindi Boyle gli effetti luminosi del diamante strofinato in luogo scuro (2). Spiega da ultimo il fenomeno della attrazione supponendo che il corpo elettrizzato sprigioni nn' emanazione glutinosa, che s'appiglia ai piccoli corpi ne' quali s'imbatte per via, e seco li trasporti nel ritornare che fa al corpo da cui era partita: giacchè supponevasi a que' tempi che ogni emanazione ritornasse al corpo d'onde era uscita, non sapendo altrimenti spiegarsi come, per queste perdite costanti, potessero i corpi mantenersi inalterati (3).

(1) Nei *Saggi di naturali esperienze* a pag. 150 è scritto:

«Credesi volgarmente che l'ambra tiri a sè i corpi; ma questa è un'azione ecambievole e niente più propria dell'ambra che dei medesimi corpi, da' quali anch'essa è tirata, o per lo meno ella ad essi s'appiglia. Di ciò ne abbiamo fatta esperienza ed abbiamo veduto che, appesa l'ambra ad un filo in modo ch'ella stia pendola in aria, o messa in bilico a guisa d'ago magnetico, quand'ell'è strofinata e calda si fa incontro a que' corpi, che in proporzionata distanza se le presentano e a' loro moti prontamente obbedisce ».

(2) Boyle *de adamante lucente in tenebris*.

Ai fatti del Boyle che provano come il fregamento ed il calore rendono il diamante luminoso si possono aggiungere le sperienze di Bernouilli e verificate da Cassini (figlio) intorno alla luce dei diamanti ed anche de' metalli fregati sopra vetro. V. mem. de l'Acad. des sciences pour l'année 1707, pag. 2. — Esse furono poscia ripetute da Dufay. V. Mém. de l'Acad. 1734, pag. 511, 512.

(3) Il Boyle fu chimico e fisico di molto merito. Con lo studio dei fenomeni chimici dell'aria precorse Hales, Cavendish, Priestley. Perfezionò la macchina pneumatica di Guerike, e dimostrò con essa la gravità e l'elasticità dell'aria, e quindi l'attitudine sua a propagare i suoni ecc. Le sue opere raccolte in sei volumi furono pubblicate in Londra nel 1672. Egli infine chiamato da Carlo III ad organizzare la *Società Reale*, vi consacrò le sue fatiche e l'immensa fortuna ereditata dal padre.

Roberto Boyle nacque a Lismore in Irlanda nel 1627 e morì a Londra nel 1691.

VI.

D'un ordine più elevato sono le sperienze di Ottone di Guericke contemporaneo del Boyle, e descritte nell'opera pubblicata nel 1672 in Amsterdam, col titolo « *Experimenta nova Magdeburgica ecc.* » (1).

Guericke, cui la fisica già era debitrice della macchina pneumatica e di molte preziose scoperte intorno alle proprietà fisiche e chimiche dell'aria (2), costruisce un apparecchio atto a sprigionare l'elettrico fluido più facilmente ed in maggior copia, che non si ottenga strofinando con la mano e con un foglio di carta asciutta un semplice tubo di vetro, come sollevasi dal tempo di Gilbert. Un globo di solfo messo in rotazione sul proprio asse da una manovella e strofinato con la mano: ecco la prima macchina elettrica immaginata da

(1) *Otonis de Guericke experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio. Amstelodami 1672.*

(2) La elasticità dell'aria e l'azione di essa nei fenomeni del suono, della respirazione e della combustione sono primieramente dimostrate da Ottone di Guericke e con quegli stessi sperimenti, con cui tali proprietà anche oggi si sogliono confermare. Da esse il Guericke deduce non meno importanti e logiche conseguenze intorno alla costituzione dell'aria, alla combustione de' corpi in seno alla medesima e intorno alla sua composizione, prenunziando così la bella scoperta fatta, un secolo dopo, da Lavoisier. (V. *Exper. nov. Magdeb. lib. III*).

Nella sua opera son pure raccolte le osservazioni astronomiche da lui istituite e molto pregiate dai dotti. Fu il primo ad annunziare la certezza del moto periodico delle comete.

Guericke divise l'opera sua in VII libri che abbracciano le nozioni seguenti. — Nel I tratta dell'universo e del suo sistema secondo le comuni sentenze dei filosofi. — Nel II delle condizioni del vacuo. — Nel III descrive la macchina da lui ideata per fare il vacuo ed enumera gli sperimenti da lui fatti con essa rispetto al fuoco, alla luce, al suono, alla respirazione degli animali, alla gravità dell'aria ecc. — Nel IV espone le virtù cosmiche o mondane; tra le quali pone le virtù magnetiche e le elettriche: e in opposizione a Gilbert nega che la terra sia un magnete. — Nel V discorre della terra e della luna. — Nel VI del sistema del nostro mondo planetario. — E nel VII delle stelle fisse.

Ottone di Guericke nacque nel 1602 a Magdeburgo, dove fu poi borgo-mastro, e morì in Amburgo nel 1686.

Guerike (1). Con essa egli schiude un nuovo campo alle investigazioni dei fisici, dimostrando come per altri fenomeni, oltre quello dell'attrazione, a noi si manifesti la elettricità: scorge egli infatti che all'attrazione succede la ripulsione, la quale dura finchè il corpo respinto conserva la virtù elettrica comunicatagli dal globo e finchè questo conserva parimenti la propria: anzi questo stato di ripulsione gli sembra così permanente, che egli immagina di seguirne gli effetti accostandogli il globo elettrizzato; e vede che il corpo respinto va scostandosi sempre più e in ogni direzione. Osserva quindi che i corpi immersi nelle atmosfere elettriche si elettrizzano a loro volta e di elettricità opposta a quella delle atmosfere, di cui subiscono la influenza. Intravede l'importantissimo fatto che la virtù elettrica si può trasmettere e propagare ad altri corpi non previamente strofinati. Stropicciando infine il globo di solfo con la mano ode lo *scoppietto* del fluido elettrico, e sperimentando nel buio vede uscirne una *luce* analoga a quella, che si produce dalla frattura dello zucchero nell'oscurità (2).

Questi primi effetti di luce e di suono, che si ottengono dai corpi elettrizzati, tanto singolari e diversi dai fenomeni già conosciuti, eccitano la più viva curiosità. Il dottore Wall ne ripete gli esperimenti:

(1) « Si cuidam placuerit, illa sphaeram vitri, quod vocant phialam, sumat, magnitudine ut caput infantis; in eam sulphur in mortario contusum injiciat ac igni admotum liquefaciat satis, coque refrigerato, sphaeram frangat ac globum eximat, locoque sicco non humido conservet. Si lubeat, illum quoque foramine quodam perforet, ut radio ferreo seu axe quodam circumagi queat: atque hoc modo praeparatus erit hic globus. V. Lib. IV, cap. XV.

(2) Lib. IV de virtutibus mundanis cap. XV.

Anch'egli tuttavia trascende talvolta, come Gilbert, i confini assegnati all'induzione ed all'analogia, e azzarda delle congetture destituite di fondamento. Osservando egli che le piume leggere, attratte e respinte dal globo della sua macchina sempre nei loro moti volgono al globo la medesima faccia, crede vedere in questi fenomeni una imitazione perfetta delle azioni, che la terra esercita sui corpi posti nella sua sfera d'attività. Pensa quindi che una medesima causa determini le piume respinte dal globo a presentargli sempre la medesima faccia e la luna a volgere sempre lo stesso emisfero alla terra. (V. lib. IV, cap. XV). Ciò nullameno le scoperte sovraccennate e le due maggiori della macchina elettrica e della pneumatica meritano a Guerike un posto onorevolissimo nell'istoria della fisica.



fregando celeremente un pezzo d'ambra con panno, e serrandolo poscia forte colla mano, ode uno scoppiettillo molte volte ripetuto e a ogni volta susseguito da un piccolo bagliore di luce: presentando il dito a piccola distanza dall'ambra ne riceve uno scuotimento sensibile, mentre si rinnovano i fenomeni di rumore e di luce, « rumore e luce, che gli paiono in qualche guisa rappresentare il tuono ed il lampo » (1).

Così il secolo, che s'incomincia con la creazione della nuova scienza, si chiude con la divinazione di uno tra i fatti capitali della medesima. Wall tuttavia, osservando questo sprigionamento di luce da corpi gagliardamente elettrizzati, opinò essere la materia stessa della luce la cagione dei fenomeni elettrici.

Newton che visse in quest'epoca (2) non rivolse guari la sua attenzione alla nuova scienza. Una sola memoria egli indirizzò alla Società Reale di Londra nel dicembre del 1675, nella quale spiega il fenomeno del *ballo elettrico* da lui osservato per la prima volta. Avendo egli adattato un disco di vetro ad un anello di ottone, e quindi stroppiciatolo con pannolano, vide minuzzoli di carta sottostanti al vetro sollevarsi a contatto del medesimo e ricadere poscia sul tavolo sottoposto, agitandosi in bizzarra maniera.

Assegnò Newton la causa di questi movimenti ad un fluido etereo elasticissimo, il quale, naturalmente condensato nel vetro, si rarefaceva collo strofinamento, e, spandendosi tutto all'intorno, invadesse i minuzzoli di carta e seco li trasportasse ritornando nel vetro. Nel suo trattato di ottica attribuisce la emissione di questo fluido al moto vibratorio delle molecole dei corpi strofinati; e considera l'attrazione e la

(1) Phil. trans. abrid. V. II, pag. 275.

Giovanni Wall, medico e chimico, nacque nel 1708 a Porvick nella contea di Worcester e morì a Bath nel 1776. Il suo figlio Martino, professore di chimica nella Università di Oxford, raccolse in un volume gli opuscoli di lui e li pubblicò nel 1780.

(2) Isacco Newton nacque a Woolsthorpe il 25 dicembre 1642; morì il 20 marzo 1722.

ripulsione elettrica come fenomeni analoghi a quelli della gravità dei corpi (1).

Riassumendo in poche parole il lavoro di questo secolo notiamo che per opera di Gilbert, del Cimento e di Boyle si generalizza il fatto delle elettriche attrazioni: — causa delle medesime tuttavia si credono le emanazioni untuose, le quali, ritornando ai corpi, da cui lo strofinamento le sprigiona, seco trasportano i corpi leggeri, ne quali s'incontrano. — Per opera di Guericke si compone la prima macchina elettrica: e per opera di lui e di Wall si cominciano ad osservare i fenomeni di ripulsione, di luce, di suono e di scuotimento, che producono i corpi elettrizzati. — Questi ultimi fatti, comechè appena intravveduti sullo scorcio del secolo, già bastano a rivelare la moltiforme azione del fluido elettrico: — ai fisici del secolo avvenire lo analizzare quei fatti e costituirli fondamento della nuova scienza.

(1) *Isaac Newtoni Optices*, lib. III, quaestio XXXI.



PERIODO SECONDO.

PROGRESSI DELLA SCIENZA ELETTRICA NELLA PRIMA METÀ DEL SECOLO XVIII.

SEZIONE PRIMA.

Cenni sul rapido avanzamento delle scienze naturali in questo secolo. — Scoperte di Hawkesbee, di Grey e di Dufay nell'elettricità.

I.

Giudicherebbe molto al disotto del vero chi volesse dallo stato della scienza elettrica nel secolo XVII considerata da sola, arguire della rapidità del suo avanzamento nel secolo successivo. E, come dell'elettricità, falso del pari sarebbe un identico giudizio intorno alla scienza dei singoli agenti imponderabili. Perocché se le conoscenze intorno al fluido elettrico, al finire di quel secolo, si erano limitate a pochi tra i molteplici fenomeni, onde esso a noi si manifesta; poco diversa era la condizione degli studi riguardanti il magnetismo, il calorico e la luce.

Invero la prima epoca del magnetismo s'incomincia col libro di Gilbert *« de magnete »*; e il secolo XVIII trova i fisici ancora e quasi esclusivamente occupati dei metodi di forte calamitare le verghe di acciaio.

Della luce insino al secolo XV appena si conoscevano le leggi della propagazione e della riflessione. Ignoravasi ancora la diottrica, della quale più tardi scuoprirono le leggi Snellio, Descartes, Bartolino, Huyghens, mentre Grimaldi riconosceva la diffrazione ed immaginava il sistema delle ondulazioni. Solo nel 1675 Röemer misurava la velocità della luce; e dopo il 1700 Newton pubblicava il suo codice dell'ottica, e Bouguer e Lambert ponevano le basi della fotometria.

Poche nozioni si avevano pure intorno al calorico prima del 1700. Si trova bensì già in uso sul cominciare del 1600 un imperfetto istrumento per misurare i gradi del calore: ma solamente sul finire del secolo XVII Carlo Renaldini (1694) e Newton (1701) stabilivano le basi per la graduazione del termometro. Santorio e Torricelli già avevano costruito igrometri ad assorbimento poco diversi da quello immaginato da Leonardo da Vinci; e l'Accademia del Cimento già aveva formato un igrometro condensatore, col quale misuravasi la quantità d'acqua deposta sulle pareti per causa del raffreddamento. Ma a siffatti istrumenti mancavano tuttavia i punti fissi di massima umidità e secchezza, senza cui è impossibile la comparazione dei risultati. Erano poi ignote a quel tempo le vicende, che il calorico subisce nei cambiamenti di stato, e ignote eziandio erano prima dei lavori del Cimento le proprietà del calorico, che si irraggia dai corpi.

Ciononostante la scienza degli imponderabili, benchè povera ancora di fatti e più ancora di teorie, progredì nel secolo passato in modo straordinario e veramente meraviglioso.

Di tale fatto parecchie sono le cause, le quali ad una poi si riducono, che tutte le abbraccia; vogliamo dire il rinnovamento della filosofia naturale compiutosi nel secolo XVII per opera specialmente di Galileo e di Cartesio. Entrambi per diversa via, e con armi differenti, rovesciarono la scolastica dottrina già combattuta da Bacone (1): e

(1) Francesco Bacone da Verulamio sorto nel tempo, che gli scolastici, bandita l'osservazione e l'esperienza, e dichiarati nemici dei buoni studi quanti non accettassero come sacri codici le fisiche dottrine di Aristotile, avvertì gli ingegni del loro traviamenti, insegnando loro il metodo di studiare la natura nella natura medesima e l'arte meravigliosa di analizzare i fatti e di legare i fenomeni per mezzo dell'induzione e dell'analogia. « I fatti particolari, egli dice, debbono precedere i generali nelle ricerche filosofiche: le verità generali essendo di lor natura più tarde. Un fatto osservato e descritto divien tosto un elemento della scienza. Una raccolta di fatti bene osservati con ordine può condurre alla scoperta delle leggi e delle cause. Quando i fatti non erano riuniti in corpo di scienza, la scienza non esisteva; perocchè essa si compone non della sola conoscenza dei fatti, ma ancora del vicendevole loro rapporto, e delle leggi, che legano questi fatti tra loro ».

felicemente sostituendo alle cose astratte le sensibili, ai sillogismi gli sperimenti, all'autorità l'esame, ad Aristotile la ragione, restituiscono allo spirito umano la indipendenza e la libertà del pensiero. E mentre l'uno, per distruggere il vecchio sistema, un altro ne crea con la fervida immaginazione più singolare e bizzarro, e con fino accorgimento a sè trae gli spiriti, conducendoli, per la via dell'errore, al discoprimiento del vero: l'altro con la osservazione e lo sperimento interroga la natura per svelarne i segreti⁽⁴⁾, e in breve empie il mondo di meraviglia con le sue scoperte. — Tosto a lui, donde viene la inaspettata vivissima luce, si volgono gli ingegni: i quali dall'insegnamento di sì grande maestro e più ancora da' suoi libri, dalla sua fama, e dalle stesse persecuzioni per amor della scienza da lui sostenute, pigliano eccitamento e stimolo allo studio della naturale filosofia. Sicchè il rinnovamento di questa scienza si continua dopo la morte di Galileo, dai suoi discepoli Viviani, Castelli e Torricelli e dall'Accademia del Cimento fra gli Italiani; da Pascal, da Guerike e da Boyle fra gli stranieri.

Cade frattanto il volgare pregiudizio degli scolastici che venga meno la maestà dell'umano intelletto, se imprenda a trattare cose sensibili e materiali: anzi a meglio porsi in relazione con queste, ed accomodare, per via dell'arte, la natura alla debolezza della mente ed alla imperfezione dei sensi, la fisica moderna chiama l'esperimento in aiuto della osservazione, e crea negli strumenti altrettanti organi nuovi, che moltiplicano la potenza della percezione sensibile. Il telescopio, il barometro, l'igrometro, il termometro, la macchina pneumatica e la elettrica dimostrano i progressi della scienza nel secolo di Galileo, e già ne lasciano chiaramente intravedere i rapidi avanzamenti futuri.

(4) Disse con faconica sentenza il Galileo che « la metafisica delle geometrie sta negli assiomi e nei postulati, e quella delle fisiche nelle osservazioni e nelle sperienze ».

Per tal modo la fisica svestiva le forme antiche, onde era inceppata nel suo movimento. Anzi ch'è collocarsi alla sorgente d'ogni cosa, ed immaginar cause generali per la spiegazione di tutto, pazientemente studia i fenomeni particolari, osservandoli dapprima quali succedono in natura, ripetendoli poscia collo sperimento: e a poco a poco, senza deviare dalla via dei fatti, si conduce con passo sicuro alla conoscenza delle cause, alla scoperta delle leggi della natura.

Così il mondo dei fatti si riflette nel mondo delle idee, ed ogni scoperta è guida ad altre maggiori. — Si accrescono i materiali scientifici, si migliorano gli strumenti, si perfezionano i metodi: e ogni parte della fisica riceve tal moto, che niuna forza più vale ad impedire

II.

La fisica esce dalle mani degli antichi, quanto ricca di concezioni favolose e di dommi ridicoli, altrettanto povera di fatti: conseguenza naturale dello avere i fisici de' tempi andati disconosciuto il pregio e la importanza delle minute osservazioni.

Primo compito della fisica moderna doveva pertanto essere quello di raccogliere fatti, e costituirne un primo patrimonio alla scienza generale e a quella specialmente degli imponderabili ignorata quasi dagli antichi. — Il fare altrimenti, il volere, in tanta scarsezza di sode e reali cognizioni, abbracciare in grande lo studio dei naturali fenomeni sarebbe stata follia. Cartesio, il quale ebbe l'ardimento di voler sottoporre ad una legge unica i fenomeni del cielo e quelli della terra, mostrò bensì la superiorità del suo genio, ma deviò dal retto cammino. — A siffatte considerazioni generali, a questa sintesi del pensiero nel mondo materiale, non erano i tempi abbastanza maturi. Era d'uopo innanzi tutto una ricca messe di fatti da comparare fra loro, e da concatenare poscia per via dell'induzione e dell'analogia.

Perciò il lavoro dei fisici di questo tempo, in qualche modo, a quello si assomiglia dei naturalisti: i quali, nelle escursioni per valli e per monti, raccolgono quanti minerali e vegetali loro vengono sotto mano, facendoli poscia oggetto di uno studio individuale, per distinguerli gli uni dagli altri e classificarli.

Tale è appunto il carattere dei primi studii intorno all'elettricismo, e tale ancora si conserva insino alla metà del secolo; di cui imprendiamo la storia; sebbene già appaiano le ricerche guidate da un ordine logico, il quale direttamente dimana dalle anteriori scoperte.

Nel 1709 l'inglese Francesco Hawkesbee nella sua opera « *phisco-mechanical experiments* » sottopone a più minuto esame i fenomeni delle attrazioni e delle ripulsioni, amplifica lo studio delle apparenze luminose del fluido elettrico nell'aria e nel vuoto; colorisce, in una parola, il quadro di cui furono tracciati i contorni e le prime linee nel secolo precedente. (1).

Invero Guericke sostituisce un globo di solfo ai tubi di vetro usati da Gilbert nelle sperienze elettriche. Hawkesbee riconosce il vetro capace di maggior forza elettrica che lo solfo, ed immagina una nuova macchina elettrica composta di due globi o cilindri di vetro immessi l'uno nell'altro, ai quali comunica il moto nel medesimo od in contrario senso per mezzo di due ruote: e di più in ciascuno d'essi fa il vuoto separatamente, o in entrambi ad un tempo, per via di una

(1) Hawkesbee cominciò a presentare i risultati delle sue sperienze alla Società Reale di Londra fin dal 1704. Le raccolse poi in un volume nel 1709; e venivano tradotte in italiano e stampate in Firenze nel 1716; voltate più tardi in francese da Bremond, commentate da Desnarets e pubblicate nel 1754.

Quest'opera di Hawkesbee è divisa in tre sezioni. Nelle due prime l'autore tratta della gravità; della riflessione dei corpi nei diversi mezzi; della pressione e della densità dell'aria; della luce de' corpi strofinati nell'aria e nel vuoto; dell'elettricità sprigionata per strofinamento, e delle condizioni che modificano la virtù elettrica; finalmente delle varietà di luce prodotta dai fosfori in diversi mezzi.

Nella terza sezione spiega i fenomeni della capillarità; le modificazioni del suono rispetto ai diversi mezzi, nei quali si propaga; gli effetti delle variazioni di temperatura sull'acqua. Espone da ultimo una serie di sperienze varie, tra cui quelle del magnetismo.

chiave applicata al perno di ciascuno dei due recipienti (1). — Gilbert osservava che il calore basta da solo ad elettrizzare l'ambra. Hawkesbee ottiene lo stesso fenomeno in più altri corpi: esponendo al sole dei cilindri di legno coperti di strati di solfo, di pece, di gomma lacca, vede da essi attirati i corpi leggeri alla distanza di due pollici (2). — Dal fatto che il solfo e i corpi resinosi, senza fregamento e col solo calore si elettrizzano egli deduce la esistenza di una particolare atmosfera intorno ai corpi elettrici, come già avevano immaginato Plutarco, Cardano, Cabeo, Kirker, Guericke e Boyle: e l'esistenza di quest'atmosfera conferma i sospetti di Newton; il quale disse che l'attrazione elettrica potrebbe estendersi anche a qualche distanza, senza che venga eccitata con lo strofinamento (3).

Quest'atmosfera sarebbe costituita dagli effluvii dei corpi elettrici. Tali effluvii acquistano maggior forza pel fregamento, e, propagandosi a maggior distanza, allargano eziandio i confini dell'atmosfera elettrica del corpo, da cui si sprigionano. — Strofinando un tubo previamente riscaldato, gli effluvii si rendono sensibili al tatto, producendo una impressione simile a quella che si prova dal contatto di fini capelli, ovvero di ragnatela. — Siffatte emanazioni si diffondono più o meno all'intorno in un mezzo non resistente. Ma se s'incontrano in corpi, questi o le intercettano assorbendole, ovvero danno loro passaggio; nel qual caso le emanazioni elettriche fanno sentire la loro azione al di là degli ostacoli, che hanno superato.

Guericke riconosce che i corpi leggeri, attirati dapprima, vengono poscia respinti dai corpi, cui si accostarono. Hawkesbee cerca di determinare la direzione, secondo la quale avvengono questi due fenomeni (4).

(1) *Physico-mechanical experiments*, pag. 80.

(2) *Ib.* pag. 64.

(3) Newton. *Ottica* lib. III, quest. XXXI.

(4) *Phis.-mech. exper.* pag. 75 e 78.

Guerike e Wall scorgono la luce, che si sprigiona dai corpi strofinati nel buio. Hawkesbee, colpito da maraviglia, riproduce a sua volta il curioso fenomeno: e, variamente mutandone le apparenze e modificandone le condizioni, giunge a risultati non meno singolari, che utili al progresso della scienza. Agitando dapprima del mercurio in vaso di vetro vuoto d'aria vede uscirne una luce brillante (1). Lo stesso gli accade dell'ambra e del vetro strofinati con panno di lana nel vacuo (2). Immagina poscia di vuotare d'aria un globo di vetro e di elettrizzarlo collo strofinamento: applicando allora una mano sul globo posto in rotazione vede sprigionarsi all'intentro una vivissima luce, che si scaglia verso la mano e ne segue i movimenti. — Accanto a questo globo un secondo ne colloca pieno d'aria, ed entrambi ponendo in rotazione in luogo buio, scorre con la mano su quest'ultimo per elettrizzarlo, e tosto il fluido elettrico, diviso in ramificazioni bizzarre, si scaglia sul globo vuoto d'aria e vivamente ne illumina la parte più vicina al globo elettrizzato (3). — E quando introdotto un cilindro vuoto d'aria in altro pieno di questo fluido, e strofinato l'esterno, dopo alcun tempo riaccosta la mano a quest'ultimo, vede ricomparire nel cilindro interno i già cessati fenomeni elettrici sotto forma di getti di luce, simile al lampo (4). — Questi effetti di luce diventano incomparabilmente più belli e maravigliosi strofinando il globo vuoto d'aria. Appena, egli dice, fu tocca dalla mano la superficie del globo posto in girazione, apparve una luce abbagliante, la quale collo spostare della mano cresceva così, da rischiarare tutta la camera e rendere leggibile una scrittura di mezzana grandezza. Quando poi si ristabiliva la comunicazione fra l'interno e l'esterno del globo la luce scemava d'intensità col progressivo rientrare dell'aria nel globo, e intieramente spariva

(1) *Phis.-mech. exper.* pag. 12.

(2) *Ib.* pag. 26 e 32.

(3) *Ib.* pag. 82.

(4) *Ib.* pag. 87.

allorchè s'era ricomposto l'equilibrio nella densità dell'aria esterna ed interna. — In seguito Hawkesbee immagina di rivestire una porzione della parete interna del globo con cera di spagna, poscia toltavi l'aria, e impressogli il movimento, lo strofina colla mano e vede l'elettrica luce disegnare sullo strato resinoso la forma e la figura delle parti della mano: le quali apparenze luminose cessano col rientrare dell'aria nel globo dianzi vuoto (1). Uguale risultato ottiene dappoi sovra globi internamente rivestiti di pece e di solfo (2). — La luce elettrica nelle sperienze di Hawkesbee gradatamente s'accresce al punto di diventar fuoco. Quando il globo ed il cilindro sono vuoti d'aria le emanazioni luminose appaiono deboli ed uniformi: ma essendo i recipienti pieni d'aria le emanazioni non consistono più in una semplice luce. Il fuoco si manifesta con radiazioni, le quali con notevole strepito si slanciano contro la mano dell'osservatore, la urtano con violenza e cagionano una sensazione di vivo dolore. Apparvero inoltre distinti ad un tempo e lo scoppietto e le scintille brucianti e fosforiche.

Altro non mancò a Hawkesbee che elettrizzare animali, come dappoi fece il Dufay.

Osservando egli che le gradazioni nelle tinte della luce nel globo pieno e vacuo d'aria erano le stesse già vedute nelle luci prodotte dal mercurio agitato in un globo pieno e vuoto d'aria, sospetta la luce elettrica analoga alla luce fosforica del mercurio. — Dubita inoltre che la luce sia l'effetto del fregamento del mercurio contro il vetro; essendo il mercurio un corpo per sua fisica natura capace di scuoterne le parti e di farla nascere. E questo fu un errore non lieve per un uomo di tanto senno nelle fisiche ricerche! Invero egli che primo scorge il fluido elettrico in getto di vivissima luce scagliarsi dal globo sulla mano, che gli si accosta: egli che prova una sensazione dolorosa nel presentar la mano a piccola distanza dal globo elettrizzato; egli

(1) *Phis.-mech. exper.* pag. 168.

(2) *Id.* pag. 269 e 274.

Infine che stupisce del notevole strepito, che accompagna la emissione ed il flusso della materia luminosa: egli, quasi ripudiando la già divinata analogia dell' elettricismo artificiale e del fulmine, considera come fosforica la luce, che dimana dai corpi strofinati (1)!

Egli inoltre assegna all'aria, per ciò che s' attiene all'elettricità, un ufficio assai più rilevante, ch'essa realmente non ha. Sin dai primi esperimenti egli nutre il sospetto che l'aria concorra alla produzione dei fenomeni elettrici. Le apparenze luminose dei globi di vetro pieni e vacui d'aria vieppiù lo confermano in quel dubbio, che matura poscia per gradi nella mente sino a fargli considerare l'aria come una delle principali cause produttrici dei fenomeni elettrici. Non la ritiene tuttavia come unica causa: ei la considera come una forza, che per la sua reazione determina il regresso degli effluvii e la conseguente attrazione de' corpi leggeri verso il corpo elettrizzato. Sono poi gli effluvii elettrici, che per la loro direzione in linee divergenti e convergenti formano la corrente, che trascina i corpi. — Secondo Hawkesbee pertanto la compressione dell'aria circostante al corpo elettrizzato cagiona, ad una data distanza da questo, il regresso delle emanazioni: le quali nel discostarsi dal corpo descrivono linee divergenti, e rifluendo al medesimo, per la reazione dell'aria, ritornano per linee convergenti. Questo moto alterno di due correnti del medesimo fluido è causa delle attrazioni e delle ripulsioni.

Vedremo più tardi ricomparire sotto altre spoglie, non tuttavia migliorata, la ipotesi dell'elettricista inglese.

Questi rapidi cenni bastano a dimostrare di quanto siasi per opera di Hawkesbee accresciuta la serie de' fenomeni elettrici incominciata nel secolo precedente. — Che se, in omaggio alla verità storica, accennammo eziandio taluni errori di lui, vuolsi ora, per debito di giustizia, soggiungere, che siffatte aberrazioni scemauro, al postutto, di

(1) *Phis.-mech. exper.* cap. V, art. IX.

gravità al confronto delle molte scoperte, di cui questo sagace sperimentatore in breve tempo arricchiva la elettrica scienza. Poichè tralasciando qui di far parola delle ricerche di lui estraneo all'elettricità, che pur furono molte ed importanti (1), ricordiamo solo, che, dando egli ordine e forma migliore agli esperimenti già istituiti, aggiungendone dei nuovi e singolarissimi intorno all'elettricismo nel vacuo, migliorando infine la costruzione della macchina elettrica, si acquistava incontestabilmente il diritto di essere, annoverato fra i maggiori elettricisti del secolo XVIII.

Nè diversamente può giudicare chiunque consideri come egli trovò la scienza elettrica e come la lasciò: chè tosto gli si presentano le esperienze di Hawkesbee non solamente diverse da quelle dei fisici anteriori, e pel modo di esecuzione, e per la estensione dei fenomeni con esse dichiarati; ma specialmente distinto per una impronta di originalità e di invenzione, che solo si riscontra nelle ricerche di Gilbert tra i fisici, che lo precedettero, e in quelle di Franklin tra i fisici a lui posteriori. Che se poi si riguarda il numero e la importanza delle scoperte da lui fatte è ovvio lo scorgere, come egli tenga il primo posto nel periodo di tempo, che decorse dal secolo XVII alle prime scoperte dell'americano filosofo (2).

(1) Come nell'elettricità così nelle altre parti della fisica Hawkesbee si distinse fra i contemporanei. Prendendo ad esame le proprietà dell'aria, con nuovi esperimenti ne confermò la gravità e la pressione combattuta ancora a' suoi tempi; ne sperimentò la dilatabilità ed il potere rifrangente della luce. Taluni lo dissero inventore della macchina pneumatica a due stantuffi: certo è che egli la perfezionò. Dedusse sperimentalmente la ragione del peso dell'aria in confronto coll'acqua e lo esprime coi numeri 1: 885. Determinò pure con esattezza il peso specifico di varie sostanze. Studiò gli effetti della capillarità in lamine di vetro, poste fra loro parallele e convergenti. Sperimentò in presenza di Newton e di Halley nella chiesa di S. Paolo in Londra sulla resistenza, che l'aria oppone alla libera caduta de' corpi. Esaminò la propagazione del suono in diversi mezzi. Cercò, con Taylor, di determinare la legge di diminuzione della forza magnetica in ordine alle distanze.

Hawkesbee morì giovane ancora nel 1716.

(2) V. *Acta eruditorum*, an. 1719, pag. 530. - Id. suppl. tom V, pag. 403.

L'istoria di ogni scienza somministra esempi, e non infrequenti, di alternative di letargo e di veglia, d'inerzia e di operosità nel lavoro dello spirito umano: quasichè questo, a più o meno lunghi intervalli di tempo, abbisogni di sosta, per riprendere lena e vigore. L'ottica ed il magnetismo, a non parlare di altre scienze, offrono lo spettacolo di una lunga epoca di inazione, la quale finalmente si chiude ai tempi nostri dagli stupendi lavori di Young, di Malus, di Oerstedt, di Faraday.

Ugual sorte ebbe la scienza dell'elettricismo, prima che nuova e rigogliosissima vita ricevesse dalle immortali scoperte di Franklin e di Volta. Invero, nata appena si addormenta di un sonno di molti secoli. Svegliata da Gilbert ristà ancora dopo lui per oltre mezzo secolo. Cresce quindi bensì, ma non quanto i tempi e la generale cultura vorrebbero. Hawkesbee la scuote, e con mirabili sperimenti per nove vie la conduce, che promettono altre più utili e belle scoperte: i contemporanei fanno plauso al valente sperimentatore, ma niuno d'essi lo segue. Egli infine crea una macchina elettrica più potente di quella di Guericke, e i fisici ritornano all'uso dei tubi di Gilbert.

Vent'anni durò questo languore degli studi elettrici: dopo i quali in Inghilterra, in Francia ed in Germania, alla sterile ammirazione di speciosi fenomeni sottentra l'attuo desiderio di scrutare più addentro la natura, e di investigarne le cause.

Primo è l'inglese Stefano Grey ⁽¹⁾, il quale da' suoi sperimenti intorno alla *elettrizzabilità* dei corpi riceve un premio insperato: egli conferma la verità d'un fatto importantissimo, già intraveduto da Guericke e da Hawkesbee, cioè la comunicazione dell'elettrica virtù da un corpo elettrizzato ad altri non previamente strofinati: donde naturalmente deducesi la diversa capacità dei corpi nel ricevere e ritenere la elettricità, o svolta su di essi, o da altri ricevuta.

(1) Grey morì nel 1736: non si conosce l'epoca della sua nascita.

Infatti la diffusione, che nell'oscuro si fa della elettrica luce dal corpo strofinato ai corpi vicini, gli fa dubitare, che eziandio la elettrica virtù possa diffondersi e comunicarsi. Prende allora un tubo cavo di vetro della lunghezza di tre in quattro piedi, e chiusolo con un tappo, lo strofina, e vede che l'attrazione de' corpi leggeri è esercitata non solamente dal tubo, ma anche dal sovero, il quale d'altronde è per sè incapace di elettrizzamento. Da tale fatto Grey argomenta che il sovero riceve e poscia ritiene la virtù elettrica, trasmessagli dal vetro per comunicazione. — Una sfericciuola d'avorio, a capo di cilindretti di legno o di avorio conficcati nel tappo, si comporta ancora allo stesso modo del sovero. I metalli pertanto, il legno, il sovero e più altre sostanze, nelle quali lo strofinamento non svolge elettricità in grado sensibile, si elettrizzano appena messi a contatto di altro corpo elettrizzato. — Grey ricerca in seguitto se pure a distanza si possa propagare la elettricità svolta sul tubo. Perciò ad un capo di esso ei sospende una funicella di canapa, e salito poscia ai diversi piani della casa, vede tuttavia attratti i piccoli corpi dalla sfericciuola posta a capo della funicella. — Vuole poscia condurre la elettricità in direzione orizzontale. A questo fine egli attacca al soffitto la fune di canapa, per mezzo di altre funicelle della stessa materia, e tosto vede cessare i fenomeni elettrici. Ma sostituiti, per suggerimento di Wheeler, dei cordoncini di seta alle funicelle di canapa, ricompaiono gli indizi elettrici ad ogni strofinamento del tubo e sovra ogni punta della fune, che pure era lunga 765 piedi inglesi. — Nella ripetizione dello sperimento un cordoncino di seta si squarcia: posto in sua vece un filo metallico, cessano subitamente le attrazioni, le quali tornano a manifestarsi, restituendo al posto del filo metallico un cordonciuolo di seta.

Questi curiosi sperimenti, incominciati nel 1727 e proseguiti per quasi tre anni, sono in ogni loro minuta particolarità ricordati nelle *Transazioni filosofiche* della Società Reale di Londra (1).

(1) *Phil. trans. abrid.* vol. VII, pag. 15 e seg.

La conclusione, che Grey e Wheeler trassero dalle loro sperienze, è facile ad indovinarsi: la canapa e i metalli offrono un facile passaggio al fluido elettrico; la seta resiste alla sua propagazione. Laonde negli sperimenti, in cui si adoperarono le funicelle verticali di canapa, e l'altro in cui al cordoncino di seta si sostituì il filo metallico, l'elettricità proveniente dal tubo agevolmente sperdevasi pel soffitto: all'opposto i cordoncini di seta, usati nell'altro sperimento, ne impedivano la dispersione.

Gli stessi fisici riconobbero poscia che i peli, il vetro, la resina e l'aria godono pure della proprietà, che ha la seta, di opporsi al disperdimento del fluido elettrico. — Di questi ultimi corpi il Grey si giovò per trasmettere l'elettricità nei corpi creduti a quel tempo incapaci di riceverla per comunicazione. Traendo segni elettrici dal corpo d'un ragazzo, toccato col tubo di vetro strofinato, dimostra essere puranco capaci di elettrizzamento i corpi animati, semprechè siano sospesi per nastri di seta o per crini, o sorretti da superficie resinose. — In identica maniera elettrizzò un recipiente di legno pieno d'acqua o di mercurio, posto sopra una stacciata di resina o sopra una lastra di vetro.

Questi ingegnosissimi sperimenti di Grey mettono in piena evidenza la distinzione dei corpi *conduttori* e dei *non conduttori* dell'elettricità. A lui tuttavia non appartiene il merito di tale denominazione. Desaguliers fu il primo (1739-1744) a distinguere i corpi in *idiolettrici* od elettrici per sè, ed *anelettrici* ossia non elettrici per sè: e fu il primo eziandio a dare il nome di *conduttori* a quei corpi, ai quali il tubo elettrizzato comunica e trasmette la propria elettricità (1). — Se non che la distinzione dei corpi in idiolettrici ed anelettrici fa poco onore a chi l'ideava: chiaramente risultando dalle sperienze già istituite da Grey che i metalli, i liquidi e gli esseri animati ed altri corpi anelettrici; secondo Desaguliers, erano invece elettrizzabili, e per comunicazione, e per strofinamento. — Cadde pertanto siffatta divisione

(1) *Phil. trans. abrid.* vol. VIII, pag. 426 e seg.

dei corpi, non appena creata, e si accettò universalmente quella di Franklin, che disse gli idioelettrici *coibenti*, perchè rasserenano la espansione elettrica, e gli anelettrici *deferenti*, perchè permettono il dissapamento della elettricità risvegliata (1). A questi ultimi si conferì puranche il nome equivalente di *conduttori*, e i coibenti si chiamarono eziandio *isolatori*, perchè servono ad isolare i corpi conduttori, che si vogliono elettrizzare, dal contatto degli altri corpi, che disperderebbero il fluido elettrico a misura che si svolge sui primi.

Non vogliamo far punto senza compensare il fisico Desaguliers della censura a lui mossa. A lui debbè la scienza la enunciazione di parecchi assiomi intorno alle sperienze elettriche, e la dichiarazione delle leggi che si riferiscono all'elettrizzamento per istrofinio e per contatto; tra le quali notiamo le seguenti: « Un corpo idioelettrico, egli dice, non riceve sovra ogni punto di sua superficie, ma sibbene nei soli punti di contatto, la elettricità svolta da altro corpo idioelettrico elettrizzato ».

« Non perde similmente d'un tratto la elettricità, che gli è propria, ma quella soltanto dei punti toccati dal corpo anelettrico: egli perde conseguentemente tanto più presto l'intero suo fluido, quanto più numerosi sono i punti di contatto. Quindi avviene che, in tempo umido, il tubo elettrizzato conserva per brevissimo tempo la propria virtù, perchè agisce sovra i vapori umidi nuotanti nell'aria. Similmente un corpo anelettrico perde d'un tratto l'intera elettricità acquistata, se lo tocca un altro corpo anelettrico non isolato » (2).

(1) Franklin. *Experiments and observations on electricity made at Philadelphia in America. Lett. I at Colden.*

(2) *Phil. trans. abrid.* vol. VIII, pag. 427 e seg.

Il Désaguliers pubblicò nel 1742, sui progressi della elettricità, una dissertazione, che fu premiata dall'Accademia di Bordeaux.

Egli contribuì inoltre a perfezionare la teoria degli attriti e della rigidità delle funi. Difese calorosamente la Newtoniana filosofia nell'Inghilterra e nell'Olanda con pubbliche lezioni, le quali, poscia stampate e in varie lingue tradotte, gli procacciarono molta celebrità. Désaguliers Giovanni Teofilo nacque alla Rochelle in Francia nel 1683, e morì a Londra nel 1743.

Gilbert, Cabeo, Boyle, ed Hawkesbee già avevano osservato il fenomeno dello elettrizzamento delle resine prodotto dal semplice riscaldamento. Ma a Grey appartiene il merito d'averlo posto in piena luce, con molte sperienze istituite sulla ceralacca, sulla resina nera e bianca, sulla cera, sulla pece e sopra il solfo. Fondendo ciascuna di queste sostanze entro cucchiai, osserva che, col progressivo raffreddamento delle medesime, vengonsi in esse gradatamente manifestando segni elettrici, che egli ottiene accostando loro un lungo e sottilissimo filo. Trova inoltre che questa elettricità non si disperde che assai lentamente per parecchi giorni consecutivi.

I fenomeni luminosi già osservati nel secolo precedente non sfuggirono al genio indagatore di Grey. Accostando un tubo elettrizzato alla superficie d'un recipiente pieno d'acqua sino all'orlo, egli vede dapprima sollevarsi un monticello in forma di cono, dal cui vertice esce una luce distintamente visibile, se l'esperimento vien fatto in una camera scura. Questa luce è accompagnata, egli dice, da un rumore un po' meno forte, ma più grave di quello, che si ode presentando la nocca del dito al tubo elettrizzato: dopo ciò questa montagna (così la chiama) tosto ricade nella massa d'acqua, che tutta ne è scossa ed agitata.

Ripetendo la sperienza in luogo vivamente illuminato vede particelle d'acqua staccarsi dal vertice del cono, e talvolta dal medesimo elevarsi un filetto d'acqua sottile e diviso, d'onde esce un vapore fino ed invisibile, la cui formazione è chiarita dall'umido, che appare sulla parte inferiore del tubo.

Grey vede pertanto la elettrica luce sprigionarsi dai corpi elettrizzati, quale già fu veduta da Guerike, da Wall e da Hawkesbee. — Come essi ode lo scoppiettio, con cui si slancia da questi corpi ai non elettrizzati. — Spinge anzi più oltre le sue ricerche: trova modo di sprigionare questo fuoco, questa luce dal seno stesso dell'acqua. Ma

qui s'arresta: mentre un solo passo l'avrebbe condotto alla scoperta, onde va famoso il nome del francese Dufay (1): egli avrebbe tratto la *scintilla* dal corpo stesso della persona da lui elettrizzata, e non soltanto gli ordinari fenomeni delle attrazioni e delle ripulsioni.

Hawkesbee accostando il dito ad un cilindro di vetro strofinato, vede con sorpresa una luce viva e forte uscire dalla punta del dito e continuarsi sino al vetro. Uguale luce vide uscire da questo, accompagnata da rumore, come di voce rauca, ma forte. — Questa esperienza avrebbe potuto condurre Hawkesbee a ricerche sull'elettricità animale: essa invece somministrò materia alle scoperte altrui. Dufay che aveva studiato con attenzione i procedimenti e i risultati delle esperienze di Hawkesbee, fece di quest'ultima una felice applicazione, ed egli stesso lo afferma, in omaggio alla verità, rendendo conto delle proprie esperienze. Il dotto fisico francese pensò di sottomettere all'elettrizzazione una persona isolata: volle anzi ripetere sovra se stesso il curioso sperimento di Grey. Fattosi perciò sospendere sovra funicelle di seta e poscia elettrizzare, ad ogni volta che uno fra gli spettatori al volto di lui o ad altra parte qualsivoglia del corpo accostava la mano, vide uscirne vivaci scintille, accompagnate da strepito; mentre ed egli, e la persona che accostava la mano, risentivano un dolore, come per puntura di spilla o per lieve scottatura di fuoco (2). Quanta sorpresa e meraviglia abbiano destato questi fenomeni, per la prima volta ottenuti sul corpo umano, lo dice nelle sue lezioni l'abate Nollét, che assisteva al memorabile esperimento (3).

(1) Carlo Francesco Dufay nacque in Parigi nel 1698, e vi morì nel 1739. Egli fu il primo direttore del *giardino delle piante*, e a lui succedette poscia nel medesimo ufficio il Buffon.

Le diverse memorie da lui presentate all'Accademia delle scienze gli procacciarono, in giovine età, fama di profondo scienziato. « È sino ad oggi (così scriveva il suo biografo Fontenelle) il solo, che in tutte le sei classi, nelle quali è divisa la nostra Accademia, di Geometria, Astronomia, Meccanica, Anatomia, Chimica e Botanica, ci abbia date memorie, che l'Accademia giudicò degne di essere presentate al pubblico ».

(2) *Mémoires de l'Académie des Sciences pour l'année 1733. Dufay III mém.*

(3) Nollét, *Leçons de Phys. expér.*, vol. VII, pag. 452.

Come in questa, così in altre ricerche, Dufay è il primo a ripetere in Europa le belle sperienze dei fisici inglesi: e queste con tanta avvedutezza e perspicacia interpreta e commenta, da farsele proprie e da ricavarne importantissime conseguenze.

Tutti gli elettricisti, da Gilbert ad Hawkesbee, ricercano, innanzi tutto, quali siano i corpi della natura capaci di ricevere la elettrica virtù per via dello strofinamento, e Grey vi aggiunge lo studio dell'elettrizzazione de' corpi per comunicazione, già osservato da Guericke: Dufay riduce questi fatti a principii generali della scienza. Tutti i corpi naturali sono elettrizzabili per strofinamento, eccezione fatta, egli dice, dei metalli e di que' corpi, che, per la loro fluidità o mollezza, non possono venire strofinati. — Questi ultimi corpi solidi o liquidi, se isolati, ricevono la elettricità dal tubo di vetro elettrizzato: e tanto più facilmente ed in maggior copia la ricevono, quanto meno sono elettrici per se stessi (1). — Grey trasmette la elettricità per funicelle di canapa: Dufay trova che ne è più facile la propagazione, se la funicella sia prima inumidita; anzi con tale mezzo trasmette istantaneamente la elettricità a 1236 piedi di distanza. — Riconosce poi che i meno atti a questa trasmissione sono i corpi elettrici per se stessi (2). — Ottone di Guericke osserva il fatto della ripulsione, che sussegue all'attrazione: Dufay chiaramente esprime la legge di questo fenomeno: e con essa dà ragione di molte sperienze istituite dai fisici, che lo precedettero, di quelle segnatamente di Hawkesbee. Lasciando cadere sopra un tubo di vetro elettrizzato una foglia d'oro, la vede dapprima attratta e poscia costantemente respinta: che se mentr'è sostenuta nell'aria, le accosta un corpo qualunque, tosto corre ad esso, e poscia ritorna al tubo, toccato il quale nuovamente si allontana. Meditando su questo fenomeno ne trae il corollario seguente: « Ho scoperto, egli dice, un principio semplicissimo, il quale

(1) *Phil. trans. abrid.* vol. VII, pag. 22.

(2) *Mém. de l'Acad. des Scienc.* Dufay III.

spiega una gran parte delle anomalie, che sembrano accompagnarne il più delle sperienze elettriche. Questo principio è che i corpi elettrici attirano tutti quelli, che non lo sono, e li respingono, tostochè dalla vicinanza o dal contatto loro sono elettrizzati. Così una foglia d'oro è dapprima attirata dal tubo, acquista l'elettricità accostandosi ad esso, e ne è quindi subitamente respinta: nè più vi s'accosta, finchè serba la elettrica virtù. Che se, mentre è così sospesa nell'aria, avvien che ella tocchi altro corpo, perde tosto il suo fluido, e allora risente l'attrazione del tubo, il quale dopo averla di nuova elettricità provveduta, altra volta la respinge; e questa ripulsione continua per quanto tempo il tubo conserva la propria forza » (1).

Conferma con molte sperienze i risultati, già ottenuti dagli elettricisti precedenti, circa le cause modificatrici dell'intensità elettrica, quali sono la temperatura de' corpi sottoposti allo strofinamento, lo stato igrometrico dell'aria e il vario grado di densità della medesima: trovando un altro carattere distintivo tra le due elettricità nel fatto, che le resie serbano nel vacuo per maggior tempo, che non il vetro, la elettricità sovr'esse eccitata dallo strofinamento (2).

Ripete quindi le belle sperienze di Hawkesbee intorno ai fenomeni luminosi della elettricità. Accostando il dito a pezzi di ambra, di ceralacca o di solfo strofinati, vede un fascetto di luce slanciarsi da questi corpi verso il dito, e quindi ritornare ai medesimi, sparpagliantisi in raggi a forma di ventaglio e dileguantisi in un baleno. Accostando invece un pezzo di carta, di lana o di seta, niuna o pochissima luce vede uscire dall'ambra; d'onde ricava la conseguenza, che i corpi elettrici per se stessi sono i meno atti ad elettrizzarsi per comunicazione.

Effetti diversi gli presentò la elettricità vitrea: ed apparenze svariatissime ottenne ancora dallo strofinamento delle pietre preziose. —

(1) *Mém. de l'Acad. des Scienc.* Dufay IV.

(2) *Id. id.* V.

Era pertanto dimostrato che la elettricità, svolta sovra un corpo, qualunque, tende a propagarsi negli altri sotto apparenze diverse di luce, or diffusa e quieta, or più raccolta e seguita da strepito lieve, or finalmente scintillante e rumorosa. — Sarà dessa una luce semplicemente fosforica? Dufay non lo crede. Ei trova la elettrica luce più intensa e più yivace della fosforica: la sospetta quindi partecipe della natura del fuoco. E tale veramente appare a'suoi occhi la scintilla, che esce dal corpo umano nella oscurità, e quella che si ottiene facendo scorrere la mano sul dorso di un gatto. Non tenta tuttavia di risolvere il dubbio: il quale viene più tardi confermato dalle sperienze di Ludolf, di Winkler, di Nollet e di Watson (1).

V.

Altra volta gli accadde di avvicinare un pezzo di gomma copale ad una foglia d'oro respinta dal tubo di vetro e la vide immantiuente, attirata dalla gomma, precipitarsi sovr'essa e rimanervi aderente. Lo stesso effetto ottenne ancora sostituendo alla gomma copale un pezzo d'ambra o di ceralacca strofinato. Servendosi all'opposto d'un altro tubo di vetro la foglia d'oro continuava ad essere respinta. Modificò allora lo sperimento in altra guisa: elettrizzò la foglia d'oro con la gomma copale, e la vide poscia ugualmente respinta dall'ambra e dalla ceralacca, mentre essa era attirata da un tubo di vetro strofinato. — Ricercando la causa di questi curiosi risultati sperimentali egli giunse alla scoperta dei *due fluidi*; quant'altra mai vantaggiosa al progresso della scienza. « Il caso, dic'egli, mi ha presentato un altro principio più universale e più notevole di quello dell'attrazione e della ripulsione, il quale getta una nuova luce sulla materia dell'elettricità. Questo principio è che v'hanno due specie di elettricità fra loro differenzissime: l'una che io dico elettricità vitrea, e l'altra elettricità resinosa.

(1) *Mém. de l'Acad. des Scienc.* Dufay VI.

La prima è quella del vetro, del cristallo di rocca, delle pietre preziose, del pelo degli animali, della lana e di più altri corpi. La seconda è quella dell'ambra, della gomma copale, della gomma lacca, della seta, del filo, della carta e di un gran numero di altre sostanze. — Il carattere di queste due elettricità è di respingersi in se medesime, e di attirarsi l'una l'altra. Così un corpo dall'elettricità vitrea respinge tutti gli altri, che posseggono la elettricità vitrea, e al contrario attira tutti quelli dall'elettricità resinosa. Finalmente i resinosi respingono i resinosi ed attraggono i vitrei. — È agevole il dedurre da questo principio la spiegazione di molti altri fenomeni; ed è probabile che questa verità ci conduca ad altre e non poche scoperte ».

Dufay indica poscia un facile mezzo per conoscere a quale delle due specie di elettricità appartenga quella di un corpo qualunque: accostandogli cioè un filo di seta elettrizzato. Se il filo è respinto, il corpo e il filo hanno lo stesso fluido, cioè il resinoso. Se il filo è attirato, il corpo è fornito di fluido vitreo. — A scuoprire la presenza e la natura della elettricità Dufay adoperava eziandio un piccolo ago di vetro, mobile sopra un perno parimenti di vetro, e portante ad una delle estremità una sfericciuola di metallo, ed all'altra una sfericciuola di vetro destinato a mantener l'ago in posizione orizzontale. Elettrizzando il metallo col tubo di vetro e presentandogli poscia i corpi, riconosceva l'elettrizzazione di questi, se vitreo o resinoso, secondochè avveniva la ripulsione o l'attrazione dell'ago. Questo semplice apparato è a sua volta una modificazione dell'ago Gilbertiano, il quale deve perciò ritenersi come il primo elettroscopio immaginato dai fisici.

Dufay osserva da ultimo che la elettricità, che un corpo riceve per comunicazione, è identica a quella del corpo che la comunica: poichè le sfericcinole d'avorio, da lui elettrizzate coi tubi di vetro, respingono i corpi che il tubo respinge: attirano quelli che pur sono da esso attirati. Soggiunge tuttavia che, alla riuscita dello sperimento, uopo è che i corpi siano in ugual grado elettrizzati. Perocchè una diversa carica

elettrica fa sì, che il corpo più elettrizzato a sè attragga l'altro che lo è meno, qualunque sia d'altronde la specie dell'elettricità di cui sono forniti (4).

In conclusione: i risultati delle sperienze del fisico francese si possono riassumere ne' seguenti principii:

1. Tutti i corpi sono elettrizzabili, eccettuati i metalli, ed i corpi che non si possono strofinare.

2. Tutti i corpi, anche i liquidi, si elettrizzano per comunicazione, eccettuata la fiamma.

3. I corpi naturalmente elettrici sono i soli, che si elettrizzano per contatto, se posti sovra un corpo anelétrico: per l'opposto si elettrizzano assai meno, se collocati sovra una base atta per se stessa all'elettrizzamento.

4. Le sostanze naturalmente elettriche, interposte fra il tubo e i corpi leggeri, danno passaggio agli effluvii elettrici; le altre materie li intercettano.

5. I corpi idioelettrici sono i meno atti a trasmettere a distanza la elettricità; meglio capaci a tale uffizio sono i corpi umidi.

6. La trasmissione dell'elettricità a distanza non è impedita dal vento.

7. I corpi d'ugual natura raccolgono elettricità o la intercettano press' a poco in ragione del loro volume.

8. Scintille brucianti escono da corpo vivo elettrizzato per contatto: questa luce non cagiona dolore, egli dice, se esce da corpo inanimato.

9. V' hanno due specie diverse d'elettricità: e ciascuna attrae i corpi, che sono respinti dall'altra.

10. I corpi elettrizzati attirano sempre, e senza distinzione, tutti quelli che non lo sono, e respingono gli elettrizzati com'essi.

11. L'aria umida nuoce all'elettricità, scemandone notevolmente gli effetti.

(4) *Mém. de l'Acad. des Scienc.* Dufay IV.

12. I corpi elettrizzati esercitano la loro azione eziandio nel vuoto; ma i loro effetti son circoscritti nell'interno del recipiente vuoto d'aria.

13. L'aria condensata sembra impedire, come l'aria rarefatta, gli effetti esterni dell'elettricità.

14. Tutti i corpi debolmente elettrizzati sono luminosi: ma la materia di questa luce non è, a suo giudizio, identica a quella della elettricità.

VI.

Dufay raccolse i risultati delle sue sperienze in otto memorie: le quali presentate all'Accademia delle scienze di Parigi, vennero pubblicate negli atti della medesima per gli anni 1733 e 1734 (1).

Esse ottennero pure l'ammirazione dell'Inghilterra, pubblicandosi un riassunto nelle *Transazioni filosofiche*.

Come aveva fatto Dufay delle sperienze di Grey, prese questi ad esaminare quelle del dotto francese, traendone con accuratissimo studio altre belle scoperte. — Trovò Dufay che le scintille si traggono

(1) Ecco un sunto delle materie discusse nelle sovraccennate memorie.

Nella prima Dufay presenta un quadro storico delle scoperte elettriche fattesi insino a quel tempo.

Nella seconda intraprende un nuovo esame delle diverse sostanze capaci di ricevere la elettrica virtù per via dello strofinamento.

Nella terza egli ricerca quali sostanze sieno maggiormente attratte dai corpi elettrizzati, e quali meglio giovino alla propagazione del fluido elettrico. — Studia la questione, suscitata da Grey, intorno all'influenza de' colori sull'elettrizzamento dei corpi. — Da ultimo descrive lo sperimento nel quale vide uscire dal suo corpo la prima scintilla.

Nella quarta, rinnovando gli sperimenti delle attrazioni e delle ripulsioni elettriche, dichiara la esistenza di due diverse elettricità, ed accenna il modo di riconoscere la presenza dell'una o dell'altra in qualsivoglia corpo.

Nella quinta esamina la influenza che la temperatura, lo stato igrometrico e il vario grado di densità dell'aria, esercitano sull'elettrizzamento dei corpi.

Nella sesta studia i fenomeni luminosi dell'elettricità del vetro, delle resine, delle pietre preziose, e considera la natura della luce elettrica identica a quella del fuoco.

Finalmente nelle due ultime memorie espone i tentativi fatti per ripetere le sperienze, a mezzo delle quali Grey avea preteso di spiegare il movimento de' pianeti intorno al sole.

più forti e più vive, se alla persona isolata presentasi un pezzo di metallo a vece della mano: Grey ne conchiuse che uguale effetto ancor dovrebbero ottenere, se la persona ed il metallo cambiassero reciprocamente di posto. L'esperimento confermò le previsioni di Grey: i metalli isolati, al pari del corpo umano, si elettrizzano e la elettricità acquistata fanno palese con gli stessi fenomeni (1). — Da questo sperimento ebbe origine l'uso dei conduttori metallici: i quali diventarono in breve tanta parte degli elettrici apparecchi.

Inoltre nell'elettrizzazione de' metalli, ottenuta da Grey e da Wheeler, apparve cosa mirabile e da ninno ancora osservata: sovra ambedue le punte di una verga di ferro acuminata ed isolata mostravasi una luce o fiammella, ogni volta che ad una di esse venivasi accostando il tubo elettrizzato. — La luce della punta più lontana dal tubo allargavasi a modo di cono, perocchè la componevano raggi di luce, che all'occhio apparivano divisi, e fra loro divergenti nel discostarsi dalla punta. — Accompagnava questa emissione di luce un lievissimo sibilo, il quale poteva essere udito da chi vicinissimo fosse alla verga metallica. — Spariva la fiammella ponendo il tubo in contatto del metallo: ma tosto riappariva accostando la mano alla punta; e cinque e sei volte si rinnovava il fenomeno, col riaccostare altrettante volte la mano, facendosi tuttavia i raggi di luce successivamente più corti.

Nelle sbarre acuminate ad un capo ed ottuse all'altro variavano le apparenze luminose. Dalla parte non acuminata udivasi un semplice strepito: ma accostandovi la nocca del dito traevasi una luce più brillante e meno divisa, e la sensazione erane eziandio più forte (2).

Fatti importantissimi sono questi per la scienza in particolare, non meno che per la storia dei progressi dello spirito umano: basti il dire che essi prepararono la via alle immortali scoperte di Franklin. Alle

(1) *Phil. trans. abrid.* Vol. VIII, pag. 398.

(2) *Id. id.*

quali d'altronde parve preludere il Grey medesimo allorchè, considerando i fenomeni luminosi da noi ricordati, così disse: « Benchè questi effetti non siansi finora ottenuti che in piccole proporzioni, è tuttavia probabile che si possa col tempo trovar modo di riunare una maggior quantità di fuoco elettrico, e per ciò di accrescere la energia di questa forza: la quale, a giudicarne da molte sperienze (e se è lecito comparare alle grandi le piccole cose) sembra avere la stessa natura del tuono e del lampo » (1).

Sperimentatore quant' altri mai valente e sagace il Grey non sempre tuttavia apprezzò al giusto i risultati de' proprii sperimenti: e qualche volta ancora ne dedusse corollari, che la soda ragione doveva ripudiare. Erasi in lui radicata la opinione, che il vario colore de' corpi influisse sul grado di elettrizzamento de' medesimi: suppose anzi che i corpi rossi, ranciati e gialli, acquistassero una forza di attrazione per lo meno tripla o quadrupla di quella, che manifestavano altri corpi identici nella sostanza, uguali nella forma e nel peso, ma colorati altrimenti da quelli (2); al che Dufay rispondeva che, se ciò avveniva, non potevano esserne causa i colori per sè, sibbene le sostanze impiegate nel tingere que' corpi (3). — Esagerando la importanza de' movimenti di attrazione e di ripulsione cagionati dal fluido elettrico, egli si diede a credere di poter con essi spiegare il periodico movimento de' pianeti intorno al sole, come già erasi tentato da Guerike; ed immaginò sperienze, i cui risultati parvero alla fantasia di lui favorevoli alla concepita opinione. Ma, venuto egli a morte, lo stesso

(1) *Phil. trans.* vol. VIII, pag. 401.

(2) *Phil. trans. abrid.* Vol. VII, pag. 22, e vol. VIII, pag. 403.

(3) Dirigendo sopra un velo bianco un fascio di luce condotto in una camera oscura e decomposto dal prisma non ottenne più que' fenomeni di attrazione, che gli apparivano, allorchè sperimentava con pezzi di quel medesimo velo tinto coi colori primitivi della luce: d'onde argui essere la differenza dei risultati in quest'ultimo caso prodotta dalla varia natura delle sostanze coloranti adoperate nel tingere i corpi. — Veggasi in proposito la III memoria di Dufay.

amico suo e compagno negli studi, Wheeler, e poscia Dufay, ripetendone le sperienze e in più modi variandole, ottenevano risultati per nulla corrispondenti a quel sogno (1).

Queste tuttavia sono piccole mende a fronte di molte scoperte; tra le quali la nuova maniera di elettrizzamento per comunicazione, la diversa conduttricità de' corpi per l'elettrico stabilita di fatto, e i fenomeni luminosi delle punte metalliche legano perennemente il nome di Grey all'istoria dell'elettricità.

Uguale giudizio vuolsi portare del suo contemporaneo Dufay. Traendo la scintilla dal corpo umano rese popolare il suo nome: creando la ipotesi *dei due fluidi* prese posto tra i riformatori della scienza. Lo stato attuale della dottrina elettrica; meglio delle parole, conferma la verità di tale giudizio.

Del resto alla fama di entrambi ed al progresso della scienza giovò l'esser nati ad un tempo, e l'aver sortito uguale inclinazione ai medesimi studi. Chè infondendo la natura nell'uno la virtù dello sperimentare e nell'altro il genio indagatore delle cause de' fenomeni, accennò quasi che, per l'opera loro simultanea, sarebbesi la scienza elettrica rinnovata. E in vero i nomi di Grey e di Dufay contrassegnano un'epoca quanto breve di tempo, altrettanto feconda di conquiste per la scienza dell'elettricismo.

(1) « Ponete, dice Grey, un piccolo globo di ferro d'un pollice a un pollice e mezzo di diametro, debolmente elettrizzato, sul mezzo d'una stacciata circolare di resina, di sette ad otto pollici di diametro; e allora un corpo leggero sospeso per un filo finissimo, di cinque a sei pollici di lunghezza, tenuto con la mano al di sopra del centro della tavola, comincerà da se medesimo a muoversi in circolo intorno al globo di ferro, e sempre da occidente in oriente. Se il globo è posto fuori del centro il piccolo corpo descriverà un'ellisse, che ha per eccentricità la distanza del globo dal centro della stacciata. Se poi questa è di forma ellittica, e il globo sia posto al suo centro, il corpo leggiero descriverà un'orbita ellittica della stessa eccentricità, che quella della stacciata. Se il globo è collocato in uno de' fuochi, il corpo descrive un movimento assai più celere all'apogeo, che non al perigeo della sua orbita ». V. *Phil. trans. abrid.* Vol. VIII, pag. 404 e seg.

La idea di giungere, per mezzo dei movimenti elettrici, a disvelare il meccanismo del sistema planetario, il Grey la vagheggiò fino alla morte, e negli ultimi giorni la

SEZIONE SECONDA.

Stato della scienza elettrica dopo i lavori di Grey e di Dufay. — Miglioramenti nella costruzione degli apparati elettrici. — Boccia di Leida e sue prime modificazioni. — Sperimenti dei fisici francesi e degli inglesi intorno la velocità di propagazione del fluido elettrico: loro confronto cogli analoghi sperimenti istituiti nel secolo nostro.

I.

Le scienze molteplici, che fra loro si dividono lo studio della naturale filosofia, nel primo stadio di loro formazione, presentano da una parte una massa di fenomeni, che escono greggi dalle mani dei primi osservatori, e dall'altra un complesso di congetture più o meno azzardate sulle cause che li fanno nascere.

« La natura, dice Goethe, non è mai morta nè muta per chi le ponga mente: essa parla ai sentimenti noti, mal noti ed ignoti dell'animo: essa parla con se medesima e con noi per mille e mille fenomeni ». Ma chi interroga la natura non ottiene tosto un responso decisivo ed assoluto: essa non rivela i propri segreti se non a colui, che lungamente e con sapiente magistero la interroga. Così una prima esperienza ordinariamente non conduce al risultato per cui viene fatta, ma

comunicò al dottor Mortimer allora segretario della Società reale di Londra, il quale, eseguendo le esperienze indicategli da Grey, ne divise eziandio l'errore.

Wheeler poi, ripetendo le stesse prove e variandole in molti modi, giunse a diverso risultato, e scrivendone a Dufay, che pur esso di tali cose senza frutto sperimentava, concluse col dire, che la rivoluzione della sfericciuola non era altrimenti cagionata dall'elettricità, sibbene da un movimento involontario e impercettibile della mano, che si trasmetteva alla medesima: e che il desiderio di veder prodotto quel movimento circolare era forse la secreta cagione, che determinava il pendolino a girare in tal modo, tanto nelle esperienze di Grey, quanto nelle proprie. — Siffatta opinione d'altronde sembra giustificata da ciò, che Grey riguardava come una delle condizioni necessarie al buon successo dello sperimento, che il filo non fosse sostenuto da un punto fisso qualunque, sibbene da un corpo animato.

serve solamente ad accennare il vero modo di farla: apparendo da essa e gli ostacoli che impediscono la precisione dei risultati, e le condizioni meglio acconcie alla buona riuscita. — Quindi i fatti che si raccolgono di primo getto, e per la individualità degli sforzi e per la imperfezione degli strumenti e de' metodi, sono naturalmente mal definiti e tra loro sconnessi, cosicchè non possono ancora far scienza. Essi, a così esprimerci, ne costituiscono appena lo stato embrionale, il quale vuolsi dalla vera scienza distinguere, a quel modo che dalla scienza medesima si distinguono i presentimenti che la precedono.

Incomincia la scienza quando alla semplice contemplazione dei naturali fenomeni succede l'analisi ragionata dei medesimi, ossia la misura del movimento e dello spazio nel quale si compiono: incomincia quando alle fisiche ricerche con alacre opera intendono molti studiosi, procedenti per vie nuove e diverse, quantunque le corrano con disuguale successo: incomincia a fondarsi la scienza quando si rettificano le osservazioni raccolte nei tempi anteriori, se ne cresce la massa, e tutte si rischiarano nel loro vicendevole accostamento, così da formare un corpo di dottrina più o meno regolare, più o meno compiuto: incomincia la scienza allorchè il mondo esteriore, da noi osservato, per via della intuizione, dentro noi si riflette e scorge la mente nostra alla ricerca delle cause, onde mossero i fenomeni da noi contemplati. La scienza infine, a dirlo con le belle parole di Humboldt, è lo spirito applicato alla natura: epperò non comincia per l'uomo che al momento in cui lo spirito si impadronisce della materia, e fa prova di sottomettere la massa delle sperienze a combinazioni razionali. Cadono allora le opinioni senza fondamento, le quali avevano preso il posto dei fatti; si rovesciano i miti simbolici, i quali, consecrati dal tempo, si erano riputati quali teorie fondamentali: e su queste rovine si innalza un nuovo edificio, a cui si porteranno bensì nuovi materiali a crescerne la mole, ma non più alcun istromento per abbatterlo dalle fondamenta.

In tali condizioni trovasi, a nostro credere, già quasi condotta la scienza dell'elettricismo dai lavori di Hawkesbee, di Grey e di Dufay nei primi quarant'anni del secolo passato. — La massa dei fatti raccolti da Gilbert in poi ha già subito quella epurazione, per cui l'inutile ed il falso si separa dall'utile e dal vero: e, fortunatamente per la scienza, buona parte di quei fatti ha vittoriosamente superata l'ardua prova analitica, e sta ora a fondamento dell'edifizio scientifico, attorno al quale avranno a lavorare i migliori ingegni dei secoli avvenire per condurlo a perfezione.

Invero l'esperienza ha chiarita la universalità di questo agente nella materia ponderabile: ha misurato il vario grado di conduttività dei corpi per esso; ed ha riconosciuto i principali fenomeni, con cui, sprigionandosi dai corpi, a noi si rende manifesto e sensibile: — agli sperimentatori che verranno il compito di accrescere la serie di questi fatti e di coordinarli fra loro.

Finalmente i progressi della filosofia Newtoniana, e, più ancora, gli esperimenti rovesciarono le congetture fisiche del secolo XVII intorno alle cause dei fenomeni elettrici: ed una nuova ipotesi, più razionale, non foss'altro perchè da' fatti sperimentali suggerita e dedotta, stabilisce la esistenza di due fluidi distinti, dotati della duplice virtù della ripulsione in se stessi e della attrazione fra loro: — agli elettricisti venturi il debito di riconoscere se essa valga a spiegare in modo facile e piano quanti fatti già sono conosciuti, e quanti altri si verranno guadagnando alla scienza.

II.

Il nuovo periodo, di cui imprendiamo a discorrere, si inizia con due avvenimenti simultanei, ed entrambi favorevoli al progresso della scienza: il rapido propagarsi cioè degli studi elettrici, onde il lavoro si divide fra più, moltiplicandosene i frutti; ed il migliorarsi degli istrumenti, dai quali in gran parte deriva l'incremento delle fisiche scienze.

Il lavoro si incomincia in Germania. — Là erasi per opera di Ot-
tone di Guerike, sullo scorcio del passato secolo, costruita la prima
macchina elettrica: e là novellamente se ne ripiglia l'uso abbandonato
dai fisici inglesi e da Hawkesbee medesimo, che pur ne modificava
la costruzione e ne provava i vantaggi impiegandola, siccome vedem-
mo, a sperimentare nel vacuo. È questo un fatto del quale non appa-
risce ragione accettabile; poichè i tubi Gilbertiani, dalla semplicità
in fuori, nulla hanno a contrapporre ai vantaggi della macchina elet-
trica, vuoi per gli effetti, ond'essa è capace, vuoi per la minor fatica,
che al postutto abbisogna per ottenerli. Non potevansi d'altronde e
l'una e gli altri promiscuamente adoperare, siccome appunto suole la
fisica moderna, secondo la natura degli esperimenti il richiede?

Il Prof. Hausen di Lipsia è il primo a ritornare all'uso del globo di
vetro, cui per mezzo d'una ruota imprime un movimento di rotazione
orizzontale (1). Al globo di vetro anch'esso ricorre nel 1730 il Prof.
Boze di Wittemberga, e ne migliora la costruzione nel 1741 ponendo
in atto la felice idea, suggeritagli forse dagli esperimenti di Grey sul-
l'elettrizzazione dei metalli isolati, di aggiungere al globo un con-
duttore metallico formato da un tubo di ferro o di latta: il quale egli
fece prima sostenere da un uomo isolato, e poscia sospese per un
cordone di seta orizzontalmente dinanzi al globo (2).

La macchina elettrica di Boze viene generalmente adottata. — Nello
stesso anno 1741 Vinkler, professore di lettere latine a Lipsia, sostituisce un cuscinetto alla mano per lo strofinamento del globo (3). —
Nollet in Francia per mezzo d'una ruota e d'una fune avvolgentesi su
di essa e sulla scanalatura di una puleggia annessa al globo, che è
mobile sovra due perni orizzontali, ottiene un movimento rapidissimo;

(1) V. opere di Hausen pubblicate da Gottsched « *Nov. prosp. in hist. electr.* » Lipsia 1743.

(2) *Phil. trans. abrid.* Vol. X, pag. 271, *hist. de l'electr.* pag. 27.

(3) *Phil. trans. abrid.* Vol. X, pag. 272.

onde il globo prontamente si elettrizza ⁽¹⁾. A strofinare il globo continua ad usare la mano, non accettando egli, cercando anzi di screditare la modificazione, d'altronde vantaggiosa, suggerita da Winkler ed adottata poscia da tutti gli elettricisti. — La macchina di Nollet ha il difetto del soverchio volume: l'industria inglese la corregge, sostituendo alla grande ruota un'altra piccola e dentata, i denti della quale ingranano in un rocchetto ed in una vite continua posta sull'asse del globo. — Un'altra macchina quanto piccola e semplice, altrettanto più attiva, viene ideata dal padre Gordon, Benedettino Scozzese e professore ad Erfurt. Sostituisce egli al globo un cilindro di vetro incassato fra due calotte rese mobili sopra un piccolo tornio: a vece del rotatorio imprime un moto alternativo al cilindro, il quale si strofina contro un cuscinetto ⁽²⁾. Immagina egli inoltre di elettrizzare i conduttori, isolandoli sovra una rete di seta fissa ad un telaio di legno. — A questo modo di isolamento si accompagna l'altro di larghe stiacciate formate d'una materia idioelettrica, o meglio di una miscela di materie idioelettriche, come la cera, la pece, la resina, ecc. Nei quali procedimenti ognuno riconosce una applicazione del metodo, che, in proporzioni più piccole, tennero i fisici Grey e Dufay per elettrizzare i corpi conduttori.

In una parola: la seconda metà del secolo XVIII riceve la macchina elettrica già notevolmente migliorata e capace di svolgere molta copia di fluido elettrico, come lo attestano le svariate sperienze con essa istituite, dai fisici tedeschi e da Watson, nel periodo di tempo che precede la famosa scoperta di Leida.

Il X volume delle *Transazioni filosofiche* di Londra descrive in ogni loro particolarità le sperienze di quest'epoca, e ne dichiara i risultamenti ottenuti. Fra i quali degni di speciale menzione ci sembrano quelli, che si riferiscono al potere calorifico della scintilla: poichè in

(1) Nollet, *Essai sur l'électricité des corps* 1746.

(2) *Hist. de l'élect.* pag. 31.

essi si conferma il sospetto, nutrito già da Dufay, dell'origine ignea del fluido elettrico. — Ludolf medico dell'armata Prussiana è il primo, sul cominciare del 1744, che infiamma l'etere con scintille semplicemente ricavate da un tubo di vetro strofinato. — Nel maggio dell'anno medesimo Winkler con una scintilla tratta dal suo dito, oltre l'etere, accende pure l'alcool, ed altri spiriti più deboli, che prima riscalda. Dichiarò inoltre che con la scintilla si possono accendere l'olio, la poce, la ceralacca, purchè dapprima sufficientemente riscaldate. ⁽¹⁾ — L'abate Nollet, in una memoria letta all'Accademia delle scienze di Parigi il 28 aprile 1745 e pubblicata poscia negli atti della medesima, rende conto di parecchie sperienze, tra le quali accenna la infiammazione da lui ottenuta colla scintilla elettrica, e le corruscazioni, che spontanee si slanciano dal tubo fortemente elettrizzato, senza che si accosti al medesimo verun conduttore. — Questo stesso fenomeno osservò un mese innanzi (7 marzo) il Dottor Miles, il quale riferiva pure alla società reale di Londra d'aver acceso il fosforo con la scintilla ⁽²⁾. — Dopo lui eguale effetto otteneva Watson sovra un miscuglio d'aria infiammabile e sulle sostanze resinose, i cui vapori sono infiammabili, come il balsamo di copahu, la terebintina, ecc. ⁽³⁾. Osservò egli ancora le variazioni di colore e di forma, che affetta la scintilla secondo la natura delle sostanze, da cui si ricava; ed attribuisce queste varie apparenze alla diversa riflessione della luce elettrica sulla superficie dei corpi ⁽⁴⁾.

Tralasciando qui di far cenno di più altre sperienze, ai risultati delle quali la scienza moderna interamente non crede, perchè esagerati, ricordiamo solo che ai fisici tedeschi si debbe il curioso sperimento delle stelle brillanti, che l'elettricità produce sovra un disco

(1) *Phil. trans. abrid.* Vol. X, pag. 271.

(2) *Id. id.* pag. 272.

(3) *Phil. trans. abrid.* Vol. X, pag. 286 e seg.

(4) *Ib.* pag. 290.

metallico animato da un movimento di rotazione rapidissimo, e tagliato in parti egualmente distanti dal centro: e l'altro non meno curioso dello scampanio elettrico, con cui, in elegante maniera, si dimostrano le attrazioni e le ripulsioni elettriche ⁽¹⁾.

III.

Mentre s'applicavano i fisici a sperimentare colla macchina elettrica da essi migliorata, il caso presentò loro un fatto altrettanto nuovo e singolare, quanto per la scienza importantissimo, osservatosi la prima volta in Leida nel 1746. Elettrizzavasi dell'acqua in un recipiente di vetro, derivando la elettricità dal conduttore d'una macchina, per mezzo d'una catena metallica terminante nel vaso, ch'era sorretto

(1) Dicono i fisici tedeschi nelle loro relazioni, che una scintilla elettrica può trarre il sangue da un dito e bruciare la pelle, come farebbe una materia caustica. Aggiungono, che facendo uso d'una macchina elettrica composta di più globi riuniti, strofinati con lana o con la mano secca, e posti in movimento per mezzo d'una grande ruota, l'elettricità diviene assai più energica e potente: il movimento del cuore d'una persona elettrizzata è ringagliardito; — l'acqua uscente da una fontana artificiale elettrizzata si sperde in gocce luminose; e ne sgorga, in dato tempo, una quantità maggiore dell'ordinario. — Winkler volse l'elettricità a far muovere una ruota, ed inventò una macchina, mercè la quale compiva il suo globo 680 giri per minuto. — Il padre Gordon, con la sua macchina, non solamente accendeva sostanze infiammabili, ma ancora dava morte ad uccelli. Di più egli arrivò ad eccitare tanta elettricità in un gatto, da accendere liquori spiritosi con la scintilla tratta dal medesimo, e poscia trasmessa per un conduttore metallico, ed anche attraverso ad un getto di acqua. — Anche Boze era già arrivato a far passare l'elettricità attraverso ad un getto d'acqua, da un uomo ad un altro, posti entrambi sovra stieccate di resina a 60 passi di distanza. A quest'ultimo fisico, delle sperienze elettriche appassionatissimo oltre ogni credere, debbesi lo sperimento della *beatificazione elettrica*, che menò grande rumore in Alemagna e poscia in Francia, dove il De-Lor cercò in mille guise di ripeterlo, senza mai riuscirvi. Trattavasi, dice Boze, di rendere la testa d'un uomo tutta splendente di luce somigliante all'aureola, onde sogliono i pittori circondare le teste dei santi: e il secreto per ottenere questo fenomeno consisteva nel cingere la testa di colui, che volevasi *beatificare*, d'una specie di corona metallica irta di punte un po' ottuse, da ognuna delle quali, per quanto già sapevasi dalle sperienze di Grey, il fluido elettrico usciva in forma di pennelli luminosi.

Wilson's. *Essai*. — Watson's. *Sequel*. — *Hyst. de l'électr.* — Boze *De electricitate inflammante et beatificante*. 1754.

dalla mano. Quando l'acqua si giudicò abbastanza elettrizzata, lo sperimentatore, o fosse per trarre una scintilla, oppure per togliere la comunicazione fra l'acqua ed il conduttore, toccò con l'altra mano la catena, e tosto e nelle braccia e nel petto ei provò una fortissima scossa: la quale tanto più lo riempì di sorpresa e di terrore, quanto meno era stata preveduta. Muschembroeck, professore di fisica nella città stessa di Leida, ed Allaman suo collega furono i primi a far pubblico lo straordinario avvenimento: scrivendone quegli a Réaumur e questi al Nollet. Ma se a Muschembroeck, od a Cuneus, oppure a Kleist debbasi la priorità della speriienza, la storia non sa dire con fondamento.

Priestley, e con lui molti fisici, attribuiscono a Muschembroeck la scoperta della *boccia di Leida*, e così la spiegano: — Già erasi osservato che i corpi elettrizzati, esposti all'aria, prontamente si diselettizzano, a cagione delle varie sostanze conduttrici nell'aria stessa contenute: Muschembroeck pensò quindi che i corpi elettrizzati, se fossero d'ogni parte circondati da sostanza *idioelettrica*, potrebbero e ricevere una carica più forte, e per più tempo conservarla. Essendo il vetro un corpo elettrico e l'acqua anelettrica, epperò entrambi acconci allo sperimento, si provò egli ad elettrizzare l'acqua raccolta in un recipiente di vetro. In una di queste prove sarebbegli avvenuto il fatto, che costituisce la *speriienza di Leida*.

Altri fisici, e tra questi l'abate Nollet e Dalibard, ne danno il merito a Cuneus di Leida, il quale andava per suo diletto ripetendo gli sperimenti immaginati dai fisici del suo tempo. Vi fu chi pretese, che primo ad eseguire lo sperimento di Leida, e quindi a comunicarlo a Muschembroeck, sia stato il padre di lui, medico in Amsterdam.

Vuolsi ancora da altri, che Kleist, di Canin in Pomerania, abbia fatto identiche speriienze, e prima dei fisici sopracitati: speriienze, le quali, partecipate alle accademie di Berlino e di Danzica, vennero nel 1746 pubblicate dal Prof. Krügger di Halla.

Al postutto non importa gran fatto il sapere a chi debbasi la priorità di tale scoperta: essendochè poca gloria viene, a parer nostro, dalla materiale esecuzione di uno sperimento, nel quale il merito della scoperta, anzichè allo sperimentatore, debbesi al caso.

Vero è tuttavia che il caso, a parlar giusto, non genera le scoperte, ma soltanto le prepara: facendo nascere le circostanze più o meno favorevoli alla produzione delle medesime. All'uomo di genio spetta il merito di saper cogliere questi fatti preparatori e di secondarli: onde giustamente viene poscia acclamato autore delle scoperte, che ne fa scaturire. Quindi creatori per unanime consenso sono dichiarati e Pitagora, che dal suono di martelli cadenti sopra l'incudine trasse le leggi delle vibrazioni delle corde; e Galileo, che dal moto oscillatorio d'una lampada deduce l'isocronismo del pendolo: e Newton, che nella naturale caduta d'un corpo scorse l'azione di quella medesima forza, che governa il moto dei corpi celesti: e Hally, che dal modo di frattura d'un cristallo di calce carbonata cadutogli dalle mani ricava le leggi della cristallizzazione dei corpi ⁽¹⁾ ecc.

Nel caso nostro pertanto il merito vuolsi cercare, non già nella prima esecuzione dello sperimento di Leida, bensì nelle successive modificazioni di esso, in quanto giovarono al progresso della scienza. — Nè questi tardarono a compiersi: chè la boccia di Leida (come la disse Nollet, e come oggi ancora è chiamata dal luogo di sua origine, perchè non saprebbesi dal nome di chi giustamente denominarla) in breve si trasportò per le varie contrade d'Europa e valicò pure l'oceano, dovunque eccitando non meno la curiosità dei fisici, che la meraviglia dell'universale.

(1) Galileo discorrendo del fatto delle lenti, osservato dai figliuoli di un ottico di Middelburg, che a lui suggerì la costruzione de' cannocchiali, così conchiude: «Il ritrovare la risoluzione di un problema pensato e nominato è opera di maggiore ingegno assai, che il ritrovarne uno non pensato nè nominato; perchè in questo può avere grandissima parte il caso, ma quello è tutto opera del discorso».

Il francese Nollet fu il primo a ripeterne l'esperimento: presentandone una memoria all'accademia delle scienze il 20 aprile 1746. Lo seguirono poscia Watson, Bevis, Wilson, Canton in Inghilterra, Gralath in Prussia e Jallabert a Ginevra; e da ognuno di questi progressivamente migliorata, uscì dappoi la boccia di Leida in quella forma e struttura, sotto cui si presenta oggidì nei gabinetti di fisica.

La speranza della boccia di Leida, oggi tanto volgare, che oramai più non v'ha chi la ignori, si riduce ad accumulare l'elettricità sovra due corpi conduttori, l'un dall'altro separati da un corpo coibente, ed a scaricarla poscia, ponendo in comunicazione i due conduttori. Così nel primitivo sperimento l'acqua, che per mezzo della catena comunicava con la macchina elettrica, e la mano, che sosteneva il recipiente, erano i due conduttori, o, come ora si dicono, le due armature; ed il vaso di vetro era il corpo coibente frapposto ai conduttori medesimi. Variando la natura, la dimensione e la forma dei corpi costituenti l'apparato, varia pure la intensità della carica elettrica.

In questa legge, che fu dai fisici dedotta collo sperimento, hanno radice le varie modificazioni apportate al primitivo apparecchio. — Le quali furono anch'esse il risultato della esperienza e non il prodotto dell'induzione: perocchè i fisici non seppero a tutta prima darsi ragione dello straordinario condensarsi della materia elettrica sovra apparati di così piccola mole.

Nei primi tentativi si operò all'azzardo, sperimentando con vasi di solfo, di resina e di altre materie coibenti, che si riempivano d'acqua: ma essendo questi vasi comunemente a pareti molto grosse, gli effetti ne furono debolissimi: onde si ritornò al vaso di vetro, modificandone tuttavia la forma: adoperando cioè piccole bottiglie, a parete sottile, piene d'acqua infino al collo, e chiuse con tappi di sovero, nel quale introducevasi un filo di ferro, che immergendosi nell'acqua vi conduceva l'elettricità della macchina. — In proposito di questa boccia Muschembroeck osservò doversi, pel buon successo dell'esperienza,

evitare con molta cura che la bottiglia sia umida esternamente: — al che Watson aggiunse, che, a parità di altre condizioni, lo sperimento sempre meglio riesce nell'aria secca, che nell'umida (1).

Muschembroeck riconobbe ancora l'influenza, che la numerosità dei punti dell'esterno contatto esercita sulla intensità della carica elettrica, servendosi di una boccia piena d'acqua, e toccandone con un dito la esterna parete, la commozione, che poscia ne ricevette, fu poco sensibile: crebbe questa per gradi, facendosi il contatto con due, tre dita e quindi con tutta la palma della mano (2). — In questo risultato concordano le esperienze di Allaman e di Wilson, i quali immergevano le bottiglie in un recipiente d'acqua, in modo che le due pareti delle medesime fossero circondate da uno strato liquido di pari altezza (3).

A togliere quindi la cattiva influenza dell'umido, che si deponeva sulla esterna superficie del vaso, si immaginò di sostituire all'acqua la limatura di metallo, riempiendone parte della capacità interna ed applicandone uno strato sulla esterna parete per mezzo di vernice. Prevalse poscia generalmente il metodo, suggerito da Bevis e da Watson, di rivestire la esterna superficie del vaso con sottile lamina di stagno, mentre se ne riempiva l'interno con foglioline d'oro o d'argento; oppure anch'essa l'interna parete vestivasi d'una foglia di stagno. Così le boccie di Leida erano fatte più leggiere, più facili a maneggiarsi, senza tuttavia scemarne la forza (4).

Ma Watson e Bevis fecero anche più: rivestirono con lamine di metallo delle grandi giare, raccolsero quindi in un solo i fili di ferro delle interne armature, mentre le esterne comunicavano col suolo, e poscia come una boccia sola le scaricarono: fortissima fu la scarica e

(1) Watson. *Expériences et observations, pour servir à l'explication de la nature et des propriétés de l'électricité etc.* Traduit de l'anglais Paris 1748, pag. 66.

(2) Muschembroeck. *Corso di fisica sperimentale.* Vol. I.

(3) Wilson's. *Essai*, pag. 71.

(4) *Phil. trans.* Vol. X, pag. 299.

violenta la commozione, in ragione del numero e della grandezza delle giare. — Composero essi per tal modo la prima *batteria elettrica*, che quasi al tempo stesso, e con analogo procedimento, era formata da Gralath di Danzica ⁽¹⁾.

Jallabert immaginò a sua volta di elettrizzare vetri piani collocati fra due metalli oppure fra un metallo ed un corpo vivente. — Watson e Bevis ne perfezionarono il metodo, e formarono il quadro magico, detto ora comunemente di Franklin ⁽²⁾.

Wilson finalmente dando una maggiore generalità alle osservazioni di Muschembroeck, di Bevis e di Watson, riconobbe che le boccie di Leida, se fasciate di lamine metalliche, quasi interamente si scaricano con un'unica e forte scintilla; se circondate dall'acqua, alla prima esplosione, non così forte come nel caso precedente, altre ne fanno succedere gradatamente decrescenti; se poi circuite da un semplice filo di ferro, danno luogo a più scintille successive, e l'una dall'altra nell'intensità poco diverse. — Egli inoltre fu il primo ad enunciare la legge dell'accumulamento dell'elettricità nelle boccie di Leida, stabilendo che la materia elettrica vi si raccoglie in proporzione della tenuità del vetro, della sua superficie e di quella dei corpi anelettrici, che formano le due armature ⁽³⁾.

IV.

La sperienza di Leida presenta nella sua apparente semplicità, a chi ben la consideri, parecchie questioni di non lieve interesse per la scienza. Chè, oltre alle ricerche intorno alla miglior forma degli apparati conduttori, ed alle condizioni da cui dipende l'intensità della

(1) Watson. *Suite des expériences et des observations* ecc. pag. 75 e seg. — Gehler. *Dizionario di fisica*, pag. 398. — *Phil. trans.* Vol. X, pag. 302.

(2) Jallabert. *Expériences sur l'électricité*, 1748. Cap. VII.

(3) Wilson 's. *Essai*, passim.

carica, ed alla natura dei corpi con cui si può ottenere l'esplosione, vi ha ancora lo studio degli effetti molteplici, onde è capace la elettricità, che si ottiene scaricando la boccia: effetti, i quali, benchè identici ai già ottenuti con le macchine elettriche, ne differiscono tuttavia per ciò che si attiene alla ringagliardita potenza del fluido, che in molta copia si accumula nelle boccie e nella batteria di Leida.

A queste ricerche intesero appunto gli elettricisti: rivolgendo in particolar modo la loro attività a riconoscere la velocità di propagazione del fluido elettrico, e l'azione del medesimo sui corpi viventi.

Benchè i primi risultati ottenuti siano stati poscia in parte notevolmente modificati, non si possono tuttavia, nè si debbono, dimenticare: e perchè essi abbracciarono un ordine di fenomeni ignoti ancora ai fisici dei tempi anteriori; e perchè diedero occasione a nuove e più rigorose indagini, dalle quali scaturiva finalmente la verità; e perchè infine l'istoria delle scienze, essendo l'istoria dello spirito umano, uopo è che lo segua nelle varie fasi del suo esplicamento, non solamente allora che con passo sicuro procede d'una in un'altra scoperta, ma altresì quando, smarrita la buona via, cade in errore.

Gli sperimenti istituiti per determinare la velocità, con cui si propaga in un circuito conduttore la scarica d'una boccia di Leida, richiamano tosto al pensiero le analoghe scoperte di Grey intorno alla diffusione del fluido elettrico ne' corpi atti a propagarlo. E come non diverso da quella di Grey è lo scopo delle ricerche, di cui ora prendiamo a discorrere, così somiglianti del pari si riconoscono i procedimenti adottati.

Ai Francesi debbesi il merito di avere iniziato la serie de' nuovi sperimenti. Ricercarono essi dapprima quante persone potevano far parte del circuito ed essere colpite dalla scarica d'una medesima boccia di Leida. Ne ripeterono lo sperimento nella Certosa di Parigi, dove tutte le persone del monastero formarono una catena, della lunghezza di novecento tese, per mezzo d'un filo di ferro interposto a ciascuna

persona; e allo scaricarsi della boccia provarono tutte una eguale e subitanea commozione (1).

Questo sperimento suggerì l'impiego de' soli conduttori metallici per istabilire la comunicazione fra le armature della boccia di Leida, ed ottenerne la scarica. La quale infatti ebbe luogo attraverso ad un filo di ferro lungo poco meno di una lega, e, quel che è più, non sostenuto da corpi coibenti, ma in parte sorretto da siepi e da palizzate, e in parte deposto sulla terra smossa, ed anche sull'erba umida di prati. — Apparve di qui che il fluido elettrico non abbandona (in quantità sensibile) il filo metallico per riversarsi sugli altri conduttori con esso comunicanti; per ciò che nel filo metallico maggiore è la conduttricità, che non negli altri corpi (2).

Questo principio venne poscia confermato dagli inglesi Watson e Wilson. Il primo, servendosi di conduttori imperfetti a formare il circolo di comunicazione fra le due armature, otteneva sempre una scarica lenta e suddivisa: mentre rapidissima ed unica riusciva nei circuiti metallici (3). — Wilson, formando due circuiti, l'uno colle braccia d'un uomo e l'altro cogli anelli d'una catena metallica, entrambi riferentisi alle armature d'una medesima boccia, vide che il fuoco elettrico passava per la catena, se questa era tesa così da stabilire un contatto assoluto fra i singoli anelli; e preferiva invece il corpo umano, se poco tesa era la catena: essendo in quest'ultimo caso maggiore la resistenza al passaggio del fluido elettrico; come appunto dimostrava il fatto delle scintille, che apparivano ad ogni anello, allorchè si componeva il circuito con la sola catena, e a questa si dava soltanto una mediocre tensione (4).

Gli stessi sperimentatori francesi si proposero d'introdurre i liquidi nel circuito: e la scarica avvenne non soltanto attraverso piccole

(1) *Phil. trans. abrid.* Vol. X, pag. 335.

(2) *Ib. ib.* pag. 336.

(3) *Ib.* pag. 349 e 378.

(4) Wilson and Hoadley, pag. 65.

masse d'acqua, ma eziandio allorquando vi compresero l'acqua del grande bacino delle Tuileries, facendovi pescare due fili metallici, cho per l'altro loro capo erano posti in comunicazione con le due armature dell'apparato di Leida ⁽¹⁾.

In tutte queste sperienze fu visto il fluido elettrico correre rapidissimo dall'un capo all'altro del circuito apprestato fra le due armature. — Si cercò allora di riconoscere se questa sua velocità di propagazione fosse infinita, ovvero soltanto grandissima, epperchè calcolabile sovra grandi distanze.

Lemonnier, il giovane, fu il primo a tentare la risoluzione di questo dubbio. Egli osservò che la scarica elettrica impiegava un quarto di minuto secondo a percorrere un filo di ferro avente la lunghezza di 950 tese. Altra volta egli vide a capo di un filo elettrizzato, della lunghezza di 1319 piedi, venir meno le apparenze luminose nello istante medesimo, che pur cessavano all'altro capo ⁽²⁾.

I fisici inglesi, appena seppero delle sperienze del Lemonnier, ne compresero tosto la importanza, ed a se stessi proposero lo scioglimento di tale questione, istituendo numerose sperienze, allargandone la estensione, e conducendole con molta diligenza. Il dottor Watson ne fu il promotore e l'esecutore insieme a Cavendish, a Bevis, e a più altri scienziati: egli ancora ne compose la istoria, che rassegnava poscia alla Società Reale di Londra. Eccone un sunto ricavato dal X volume delle *Transazioni filosofiche*.

Nel primo saggio si proposero di far passare la scarica elettrica attraverso al Tamigi, servendosi dell'acqua di questo fiume a compiere la catena di comunicazione con l'apparato di Leida. Ciò fu eseguito nei giorni 14 e 18 luglio 1747, attaccando un filo di ferro, lungo

(1) *Phil. trans. abrid.* Vol. X, pag. 336.

(2) Lemonnier Pietro, detto il giovane, fu professore al Collegio di Francia, membro dell'Accademia delle scienze e poscia dell'Istituto. Valente astronomo misurò con Maupertuis e Clairaut, sotto il circolo polare, un grado del meridiano; e lasciò molti lavori di astronomia. Nacque a Parigi nel 1715, e morì nel 1799.

il ponte di Westminster, a notevole altezza sopra l'acqua. Uno dei capi di questo filo comunicava coll'armatura esterna della boccia: l'altro era tenuto da un osservatore, che con l'altra mano immergeva una verghetta di ferro dentro il fiume, dalla sponda opposta a quella, sulla quale un altro osservatore immergeva ancor esso una verghetta di ferro nell'acqua, tenendo con l'altra mano un filo di ferro, la cui estremità poteva mettersi in contatto con l'armatura interna della boccia. — Stabilito questo contatto, la commozione si fece sentire agli osservatori collocati sovra le due sponde del fiume; ma fu più forte per quello, che trovavasi dalla parte stessa della macchina: essendo che una parte del fuoco elettrico discese dal filo di ferro alle parti umide del ponte, d'onde ritornò alla boccia per cammino più corto, e passando poscia tutta quant'essa era pel corpo dell'osservatore posto dalla parte della macchina. — Tale deviazione del fluido elettrico apparve chiaramente dimostrata dal fatto della commozione provata nelle braccia e nei piedi da alcune persone, le quali, poste in luogo umido presso il ponte, toccarono il filo di ferro nel momento della scarica.

In altro tentativo, fatto il 24 luglio, si proposero di obbligare la scarica elettrica ad un circuito di due miglia. Due furono i luoghi a ciò designati: nell'un de' quali la distanza per terra era di ottocento piedi, e di due miglia per acqua; e nell'altro la distanza per terra era di duemila ottocento piedi, e per acqua di otto miglia. La disposizione dell'apparecchio fu la stessa già adottata nelle precedente sperienza. L'effetto mirabilmente rispose alla aspettazione: ma siccome nei due casi gli osservatori, posti alle due estremità della catena terminante nell'acqua del fiume, si ebbero ugualmente la scossa, e quando conficcarono la verghetta di ferro nel terreno, e quando la immersero nel fiume: così sorse il dubbio se il circuito elettrico si fosse attuato lungo la sinuosità della via acqua, ovvero seguendo il cammino terrestre più breve. — Gli sperimenti successivi li fecero pienamente convinti che l'elettricità non era stata trasmessa dall'acqua, ma dalla terra.

Il 28 luglio fu ripetuta la esperienza nel luogo medesimo della precedente, sostenendo il filo di ferro sovra pìuoli secchi: postisi gli osservatori sopra corpi coibenti, la commozione riuscì maggiore, che non quando il filo scorreva sulla terra, e quando gli osservatori non erano isolati sovra materie *idioelettriche*.

Conservando allora questa disposizione, si ingiunse agli osservatori di piantare le verghe di ferro nel terreno, anzichè immergerle nell'acqua; e quantunque essi fossero l'uno dall'altro distanti meglio di cinquecento piedi, ebbero a provare un vivissimo scuotimento.

In altri sperimenti riuscirono a propagare l'elettricità in terreni asciutti, ed eziandio a condurla attraverso all'acqua a maggior distanza, che non avessero fatto per lo innanzi.

Un'ultima prova istituirono i fisici inglesi, la quale richiedeva molta perizia e sagacità. Vollerò essi riconoscere se la scossa elettrica fosse tuttavia sensibile ad una distanza doppia di quella a cui l'avevano portata nelle precedenti sperienze, in un terreno affatto secco, e nella cui vicinanza non fosse acqua; — e a un tempo si proposero di distinguere, se pure si poteva, la velocità rispettiva del fluido elettrico e del suono. Fu prescelta a tale scopo la montagna di Shooter e quivi fecero il loro primo sperimento il dì 14 agosto 1747. Il filo di ferro comunicante con la verghetta, che doveva promuovere la scarica, aveva 6732 piedi di lunghezza, e tutto era sostenuto da pìuoli seccati al forno, come lo era eziandio il filo di ferro comunicante con l'armatura interna della boccia di Leida, ed avente la lunghezza di 3878 piedi. I due osservatori erano l'un dall'altro separati dalla distanza di due miglia. Il risultato mostrò che lo spazio percorso dalla materia elettrica era di quattro miglia; cioè due miglia di circuito metallico e due miglia di terreno secco, compreso fra le due estremità del filo di ferro. L'istante della scarica fu segnalato dallo sparo di un'arma da fuoco; e gli osservatori, con orologi alla mano, notarono il momento in cui udirono il colpo. Ma per quanto ai medesimi fu

dato il distinguere, ad un solo istante si ridusse il tempo impiegato dal fluido elettrico a percorrere il lungo circuito.

Questo risultato, che al postutto altro non dimostra che la rapidità grandissima di trasmissione del fluido elettrico, fu giudicato dagli sperimentatori inglesi troppo lieve compenso alle fatiche durate: — essi vollero ancora trovar modo di stabilire la velocità assoluta dell'elettrico a determinate distanze, — e, quantunque il tempo da esso impiegato a percorrere il circuito dell'ultima esperienza fosse stato brevissimo, vollero tuttavia riconoscere se fosse misurabile, per quanto breve egli fosse. Perciò si riunirono, e fu l'ultima volta, il 5 agosto 1748 sulla montagna di Shooter, e là formarono un circuito fra le due armature con un filo di ferro, che a forza di giri e di ripiegamenti adeguava la lunghezza di due miglia. Il filo di ferro era isolato sopra piccioli secchi di legno, e disposto in guisa, che le sue due estremità ed il mezzo si trovassero nella stessa camera, ove erano la boccia di Leida e la macchina elettrica. Esso era inoltre interrotto alla metà di sua lunghezza, e questa soluzione di continuità era riempita dal corpo dell'osservatore, che teneva fra le mani i due capi del filo separati da questa interruzione. Con siffatta disposizione dell'apparecchio, nella quale potevasi con scrupolosa esattezza notare l'intervallo di tempo tra l'esplosione e la scossa, la boccia fu scaricata più volte: ma l'osservatore vedeva la scintilla sprigionarsi tra l'armatura interna, e il capo del filo con essa comunicante, e al tempo stesso provava la scossa prodotta da questa scarica, senza mai poter scorgere il menomo intervallo tra le due sensazioni: dal che si conchiuse che la rapidità di propagazione del fluido elettrico attraverso al filo, che pur aveva la lunghezza di 42,276 piedi inglesi (circa metri 3742) era incommensurabile (1).

(1) *Biblioteca italiana* Tom. XLI 1836, pag. 233. — *Phil. trans. abrid.* Vol. X, pag. 349 a 369. — *Priestley. Hist. de l'électr.* Tom. I, pag. 192 e seg.

VII.

Le accennate sperienze tornano ad onore dei fisici inglesi, e segnatamente di Watson, che le immaginò e condusse con molta avvedutezza: onde il Muschembroeck gli attribuisce la lode di « aver coi suoi magnificentissimi sperimenti ogni altro fisico superato » (1). — Non vuolsi tuttavia dimenticare che la priorità in queste ricerche è dovuta ai fisici francesi, e che perciò ad essi viene eziandio una qualche parte di lode. Il perchè sembra che Priestley venga meno all'imparzialità, — che pur debb'essere virtù principalissima in chi scrive la storia, sia questa politica, letteraria o scientifica, — quando, nel ricordare i tentativi de' fisici francesi, osserva che « meriterebbero appena di venir riferiti se non avessero avuto il vantaggio di precedere le sperienze fatte dagli inglesi, in maggior numero, e con più esattezza

(1) Guglielmo Watson, botanico e fisico distinto, fu uno dei conservatori del Museo britannico. Ammesso nella *Società Reale* arricchì le *Transazioni filosofiche* di pregevoli scritti, tra i quali tengono il primo posto quelli sull'elettricità. Nacque nel 1715; morì nel 1787.

Watson raccolse i suoi primi lavori intorno all'elettricità in tre lettere, indirizzate alla Società Reale di Londra, col titolo di « *Sperienze ed osservazioni per la spiegazione della natura e delle proprietà dell'elettricità* »: alle quali aggiunse poscia la « *Continuazione delle sperienze e delle osservazioni ecc.* ». — Esse furono tradotte in lingua francese nel 1748.

In queste lettere Watson esamina dapprima gli effetti generali dell'elettricità, che egli dimostra con molti sperimenti in parte originali. — Dai medesimi deduce che la elettricità possiede alcune proprietà comuni col magnetismo e con la luce. L'elettricità ed il magnetismo agiscono entrambi contro la gravità, e la vincono in corpi leggeri: entrambi esercitano l'azione loro sull'aria, nel vuoto; e questa virtù si estende a distanza, attraverso a corpi diversi per materia, per tessitura, e per densità. — La elettricità passa attraverso il vetro come la luce, ma non vi soffre rifrazione; e come la luce diretta sovra corpi capaci di risentirne la influenza, vi genera luce e fiamma.

Nella seconda parte discorre dello sperimento di Leida, e delle condizioni meglio acconcie alla carica elettrica. — Studiando il modo di elettrizzamento della boccia di Leida, riconosce i tubi strofinati motori soltanto, e non produttori del fluido elettrico. Riconosce che tutti i corpi elettrizzati, siano idioelettrici od anelettrici, sono circondati da un'atmosfera di etere elettrico: ed accennando le proprietà del medesimo, conchiude con alcuni dubbi intorno alla causa dei fenomeni elettrici; se cioè si debbano attribuire ad una corrente di etere, e se finalmente quest'etere sia altra cosa dal fuoco elementare.

ed estensione » (1): essendo ovvio lo scorgere che il merito maggiore viene a chi immagina un nuovo sperimento e con un fine prestabilito, che non a coloro i quali modificano l'esperimento stesso immaginato dagli altri, subordinandolo tuttavia al medesimo fine.

Al postutto il risultato delle indagini da noi accennate riuscì negativo: si dedusse cioè che la carica di elettricità accumulata in una boccia di Leida non impiega tempo apprezzabile a percorrere spazi grandissimi.

Di tale giudizio fu causa la sproporzione tuttavia enorme tra la velocità del fluido elettrico, la quale è grandissima, e la estensione dei conduttori dal medesimo percorsi, la quale fu comparativamente troppo piccola.

Per la stessa cagione Aristotele non giunse a determinare la velocità della luce; e neppure vi giunsero Galileo e quindi gli Accademici del Cimento quasi 2000 anni dopo la morte del filosofo di Stagira (2). — Onde Kepler attribuì alla luce una velocità incommensurabile: mentre tale non era in senso assoluto. — Lo stesso giudizio si portò sulla velocità di propagazione del calorico raggiante: e ancora ai tempi nostri Pictet col mezzo di un termometro ad aria, e Melloni col

(1) Priestley. *Hist. de l'élect.* Tom. I, pag. 190.

(2) Gli Accademici del Cimento riconobbero istantanea la velocità di propagazione della luce sopra una distanza di due miglia.

Leggesi infatti a pag. 174 dei *Saggi* quanto segue: «Suggerisce Galileo nel primo dialogo dei trattati delle due nuove scienze un modo assai facile, per tentar di venire in cognizione, se la luce si muova con tempo, o pure con istantanea velocità. Consiste questo nell'addestrarsi due compagni a scuoprirsi a vicenda due lumi, in modo che alla scoperta dell'uno risponda immediatamente la scoperta dell'altro: sicchè quando l'uno scuopre il suo lume, vegga nello stesso tempo comparsi alla sua vista il lume del compagno. — Aggiustata cotal pratica nella suddetta breve lontananza, vuole il medesimo Galileo, che gli stessi osservatori si provino in lontananza maggiore, per vedere se le risposte delle loro scoperte ed occultazioni seguano secondo lo stesso tenore, ch'elle facevano da vicino, cioè senza dimora osservabile. — Noi in lontananza d'un miglio (che per l'andar d'un lume e la venuta dell'altro vuol dir due) non ve l'abbiamo saputo ritrovare; se poi in distanza maggiore sia possibile lo arrivare a scorgervi qualche sensibile indugio, questo non c'è per anche riuscito di sperimentare».

suo termometro elettrico dimostrarono che per le distanze, alle quali si estende l'azione calorifica delle nostre sorgenti artificiali di calorico, non si riconosce tempo misurabile nella propagazione del calorico raggianti; e deve questa considerarsi istantanea per siffatte distanze. (1).

Di questa negazione di risultati, cagionata dalla sproporzione tra il fine ed i mezzi, somministra esempi eziandio la materia ponderabile. Valga per tutti — e molti se ne potrebbero addurre — quello della compressibilità dell'acqua, che gli Accademici fiorentini non riuscirono a dimostrare, tuttochè con molta diligenza avessero condotti i diversi ed ingegnosi sperimenti a ciò immaginati (2). — Non dichiararono essi tuttavia l'acqua assolutamente incompressibile, quantunque il contrario debba argomentarsi da quanto è scritto in molte opere di fisica. Ciò risulta chiaramente dalle osservazioni agli

(1) Melloni. *Thermochroïs ou la coloration calorifique*, pag. 121.

(2) Gli Accademici del Cimento tentarono la compressione dell'acqua in tre distinte maniere, cioè con forza di *rarefazione*, con forza di *peso morto*, e con forza di *percossa*.

Nel primo sperimento presero un tubo di vetro due volte incurvato a guisa di sifone e terminante in due sfere cave piene d'acqua: il tubo intermediario conteneva dell'aria; e il tutto era ermeticamente chiuso. Scaldata una delle sfere si produsse del vapore, il quale compresse il liquido contenuto nell'altra; ma non si vide alcun abbassamento di livello. Il vapore infatti doveva condensarsi nella parte fredda, ed accrescere la quantità del liquido, nel tempo stesso che la pressione ne diminuiva il volume. Che se, siccome giustamente osserva il Jamin nel suo *corso di fisica*, gli Accademici del Cimento avessero usata la precauzione di isolare questo liquido con uno strato d'olio, essi avrebbero probabilmente riconosciuto il fatto che sospettavano.

Nella seconda prova compressero l'acqua con una colonina di 24 piedi dello stesso liquido: ma senza ottenere alcuna diminuzione di volume.

Nel terzo sperimento fatta lavorare di getto una grande e sottile sfera d'argento, e riempitala d'acqua la serrarono con saldissima vite. Di poi cominciarono a martellarla leggermente per ogni verso: onde ammaccato l'argento veniva a restringersi e scemare la sua interna capacità; senza che l'acqua patisse una minima compressione, poichè ad ogni colpo si vedeva trasudare per tutti i pori del metallo a guisa di argento vivo, il quale da alcuna pelle premuto minutamente sprizzasse.

Queste sperienze fecero dapprincipio conchiudere che l'acqua non era compressibile, coi mezzi che eransi adoperati.

V. *Saggi ecc.*, pag. 134 e 135.

Accademici stessi suggerite dall'esito degli sperimenti istituiti; la verità delle quali bene spesso viene tuttodì confermata da chi sperimenta di cose naturali. « Ancorchè non sempre, dice in proposito di quelle ricerche il Magalotti, per le sperienze si arrivi alla verità, ciò non avviene perchè il primo concetto ideale non sia molte volte proporzionato a conseguirla, ma può talora accadere dalle materiali sostanze, e dai corruttibili organi, di cui è necessario valersi per porla in pratica; i quali, benchè per loro stessi non possano contaminare la purità delle teoriche speculazioni, nondimeno per colpa della materia non sempre si adattano a secondarle. Non per questo però deve riputarsi fallace la sperimentale via nell'inchiesta de' naturali avvenimenti, perchè se bene alle volte non s'arriva con essa a toccare il fondo della verità, che primieramente si ricerca, vuol essere gran cosa, che non ne dia de' barlumi, o non discopra intorno ad essa la falsità di qualche contrario supposto. Ciò appunto è accaduto a noi nel ricercare se l'acqua patisca compressione, come fa l'aria: nel quale tentativo, quantunque per la fiacchezza degli strumenti di cristallo, resi per lo più necessari dalla loro trasparenza, non siamo arrivati alla intiera cognizione del vero, siamo per lo meno ammaestrati non potersi l'acqua per massima forza comprimere; ed abbiamo imparato che una violenza possente a ridurre una mole d'aria in uno spazio trenta volte minore di quel che prima occupava la medesima, non solamente trenta, ma cento, e forse mille volte maggiore non restringe una mole d'acqua pur un capello, o altro minore spazio osservabile, più di quel che richiede la sua natural estensione ». — Descritte poscia le esperienze istituite dal Cimento così conchiude: « Se poi replicate le medesime dentro a vasi di maggior resistenza, e se crescendo nella prima la rarefazione dell'aria, nella seconda l'altezza del cilindro dell'argento vivo e nell'ultima facendo successivamente più e più ricca d'argento la grossèzza della palla, s'arrivasse una volta a comprimere l'acqua, ciò non possiamo dire. Questo è infallibile che l'acqua in paragone

dell'aria resiste, per così dire, per infinite volte più alla compressione: il che conferma ciò, che s'è detto da principio, che quantunque la sperienza non giunga sempre all'ultima verità ricercata, vuol ben dir cattivo, che alcun piccolo lume non ne dimostri » (1).

Ma ciò che non poterono gli Accademici del Cimento ritrovare, fu dai fisici del secolo susseguente riconosciuto, e da quelli del secolo attuale ampiamente confermato. John Canton, che fu celebre fisico o valente elettricista, volgendo con felice pensiero la pressione atmosferica a comprimere l'acqua rinchiusa in un tubo vuotato d'aria, vide bruscamente abbassarsene il livello, e manifesta per tal modo gli apparve la reale compressibilità dell'acqua. Perkins poscia, nel 1819, con maggiori sperimenti confermò la conclusione di Canton: ed Oerstedt nel 1823 col piezometro da lui ideato, e quindi Colladon o Sturm nel 1827, non solamente giunsero a dimostrare la compressibilità dei liquidi, ma eziandio a determinarne il valore.

Allargando in uguale maniera i confini delle sperienze si dimostrarono eziandio le leggi della successiva propagazione della luce e del calorico. — Per notare direttamente con la osservazione qualche tempo sensibile nella propagazione del fluido luminoso bisognava sperimentare sovra spazi molto più vasti, che quelli del globo. Cassini il seniore pensò di risolvere l'arduo problema trasportando lo sperimento negli spazi infiniti del cielo. Roëmer, nel 1675, fatta sua l'idea del Cassini, sciolse il problema dopo una lunga osservazione degli eclissi dei satelliti di Giove. E sulle orme di lui Bradley, nel 1727, scuoprì il fenomeno dell'aberrazione delle stelle fisse, già intravveduto da Cartesio, e con esso confermò le deduzioni dell'astronomo Danese intorno alla velocità della luce, la quale fu calcolata di circa 31,000 miriametri per minuto secondo.

(1) Manni. *Saggi ecc.* Venezia 1761. Sperienze sulla compressione dell'acqua, pag. 132 a 136.

La velocità di propagazione del calorico, tuttochè non sia stata determinata, poco diversa tuttavia si ritiene da quella della luce, se pure non le è uguale: imperocchè le irradiazioni luminose del sole e di quasi tutte le sorgenti artificiali sono sempre accompagnate da irradiazioni calorifiche, e le une e le altre seguono, nel propagarsi, le medesime leggi.

VII.

Risultati altrettanto positivi non possiamo riferire intorno alla velocità di propagazione del fluido elettrico. Anzi dobbiamo dire che, o fosse nella mente dei fisici radicata la opinione della incommensurabile velocità del medesimo, ovvero mancassero gli agi ed i mezzi di istituire adeguati sperimenti, nulla più si aggiunse alle ricerche dei fisici inglesi nel secolo passato, neppure dopo le scoperte di Roëmer sulla velocità della luce. Solo in tempi a noi vicini si ripigliò l'esame di questo problema. — Ne cercarono con vario metodo la soluzione Wheatstone e Faraday in Inghilterra, Fizeau e Gounelle in Francia, Walker, Mitchell e Gould in America.

A confermare il giudizio portato sulle ricerche del secolo passato, non è inopportuno lo esporre sommariamente i risultati ottenutisi ai giorni nostri: tuttochè, nel far ciò, si oltrepassino i confini, che assegnammo al nostro lavoro.

Wheatstone si accinse il primo a risolvere la questione. Riconoscendo tutta la difficoltà di imprendere sperienze analoghe, nei mezzi, a quelle di Watson, ricorse ad altro procedimento, fondato sugli effetti della riflessione di un punto luminoso lontano sovra uno specchio, posto in rapidissima rotazione sovra il proprio asse. Egli ebbe per risultato, che la scarica elettrica non è istantanea, e che in un filo, comunicante pe' suoi capi con le armature di una boccia di Leida, lo squilibrio elettrico si propaga, a partire dai due capi, con uguale velocità, la quale è misurabile, tuttochè grandissima. — E questa egli

trovò di 288,000 miglia inglesi, ossia 460,000 chilometri per minuto secondo: velocità corrispondente ad una volta e mezzo quella della luce negli spazi planetari (1).

Lo stabilimento dei fili telegrafici diede occasione a nuove ricerche intorno alla propagazione del fluido elettrico. — Ma i risultati che si ebbero dalle correnti trasmesse pei fili telegrafici non concordano punto con quelli ottenuti da Wheatstone con la elettricità ordinaria. Esaminiamoli brevemente.

Il fisico Walker, primo in America, nel 1840, per mezzo di osservazioni astronomiche, riconobbe che la velocità della corrente elettrica in un lungo conduttore non è istantanea. Infatti, servendosi della corrente telegrafica, per determinare la differenza di longitudine tra Filadelfia e Cambridge e tra queste e Washington, trovò che la corrente partita da questa città, al momento del passaggio di una stella al meridiano, non arrivava alle altre due nel medesimo istante. Calcolando la piccola differenza di tempo, e paragonando poscia fra loro i risultati di più osservazioni, dedusse una velocità di 30,000 chilometri per minuto secondo.

Mitchell, applicando lo stesso metodo ad una serie di sperimenti sulla linea telegrafica da Cincinnati a Pittsburg, ebbe per risultato una velocità di 45,000 chilometri per minuto secondo; essendo ancora i fili telegrafici della stessa materia, che nell'esperienze di Walker, cioè di ferro (2).

Gli stessi sperimenti ripetuti in Europa diedero risultati molto inferiori a quelli ottenuti in America.

Fra gli osservatorii di Greenwich e di Edimburgo, congiunti con filo di rame, la velocità fu trovata di 42,200 chilometri per secondo; — e di soli 4300 chilometri fra gli osservatorii di Greenwich e di

(1) *Archives de l'électricité* 1842. Tom. II, pag. 37.

(2) *Annales des sciences physiques*. — Walker e Gould. *Vélocité de l'électricité*. Tom. XIX, pag. 303.

Bruxelles congiunti con un filo sottomarino (1). Col mezzo di un apparato elettromagnetico l'americano Gould sperimentò sovra un circuito telegrafico in ferro, di 1672 chilometri, fra Washington e S. Luigi, colle stazioni intermedie di Pittsburg, Cincinnati, ecc.; e trovò la velocità di propagazione della corrente di soli 25,600 chilometri per secondo (2).

Da ultimo, nel 1850, i fisici francesi Fizeau e Gounelle, sperimentando sui fili telegrafici da Parigi a Rouen (288 chilometri), e da Parigi ad Amiens (344 chilometri), dimostrarono, che la velocità non dipende dalla intensità della corrente e dalla sezione del conduttore, ma dalla natura di questo. Trovarono infatti, in uno dei circuiti telegrafici, ch'era di ferro, una velocità di 100,000 chilometri per minuto secondo; e di 180,000 nell'altro, che era di rame (3).

Clarke, operando con una batteria voltaica, composta di un numero variabile di coppie, da 34 a 500, e sovra una lunghezza di chilometri 1236 già aveva, prima dei fisici francesi, dimostrato, che le correnti si propagano ugualmente veloci, qualunque ne sia l'intensità.

Questi sperimenti furono a lui suggeriti dall'illustre fisico italiano Macedonio Melloni: il quale, osservando come i suoni, qualunque ne sia l'altezza, hanno uguale velocità nei medesimi mezzi, sospettava dovesse non altrimenti avvenire dell'elettricità, qualunque pur fosse la tensione della pila (4).

Le sperienze, colle quali i fisici del secolo scorso ricercarono la velocità assoluta di propagazione del fluido elettrico, condussero ad un risultato indeterminato, perchè i mezzi adopcrati furono impari allo scopo, che si proponevano. — A conseguire il medesimo fine, ebbe il secolo nostro un aiuto validissimo nello stabilimento delle linee

(1) *Archives des sciences physiques*. Tom. XXV, pag. 209.

(2) *Annales des sciences physiques*. Tom. XIX, pag. 307.

(3) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. Tom. XXX, pag. 137. — *Archives des sciences physiques*. Tom XIV, pag. 212.

(4) A. De la Rive. *Traité d'électricité*. Tom. II, pag. 138.

telegrafiche: oltrechè nuovi procedimenti si inventarono, atti a rendere sensibili anco le minime frazioni di tempo, impiegate dall' elettrico fluido a percorrere un filo conduttore. — Ciò nonostante i risultati ottenuti sono tra loro disparatissimi, molte cause concorrendo a modificarli: siccome venne dimostrato dalle sperienze istituite, sui fili sotmarini e sotterranei, da Siemens in Prussia, e specialmente da Faraday in Inghilterra (1).

Dalle ricerche di questo fisico illustre, si deduce, che i risultati, finora ottenuti intorno alla velocità di propagazione del fluido elettrico, non sono punto decisivi, nè definitivamente accettabili. Poichè le esperienze onde ebbero origine, a dirlo con le parole del chiaro elettricista De la Rive, erano fondate sopra una falsa analogia, che si era voluta stabilire fra l'elettricità e i fluidi raggianti, quali sono il calorico e la luce. — La propagazione dell'elettricità è d'una diversa natura; essa risulta evidentemente da una modificazione impressa alla materia ponderabile interposta fra i due principii elettrici, modificazione, che si può paragonare a quella di un corpo elastico, che propaga il suono; oppure a quella, che prova una serie di sfere d'avorio, trasmettendosi il moto ricevuto dalla prima. — Onde avviene che la velocità di propagazione debba variare secondo i corpi, che la esercitano, e secondo le circostanze, nelle quali son posti; siccome osservarono Fizeau e Gounelle, i risultati de' quali sembrano meglio rappresentare la velocità reale di propagazione della elettricità.

(1) Faraday. Induction exercée par la propagation dans les longs fils. — *Arch. des sciences phys.* Tom. XXV, pag. 209.



Popolarità dello sperimento di Leida. — Effetti della scarica elettrica.

— Ricerche di Nollet intorno alla influenza dell'elettricità sull'evaporazione, sulla vegetazione, e sulla traspirazione degli animali. — Nuova medicina elettrica. Sperimenti di Pivati e di Nollet. — Applicazione diretta dell'elettricità come mezzo terapeutico.

I.

Giammai notizia di straordinario avvenimento aveva eccitato un sì vivo ed universale stupore, quanto lo sperimento di Leida; abbenchè la prima scintilla, che Dufay traeva dal corpo umano, già avesse da alcuni anni rese popolari queste meraviglie della scienza. A ciò concorsero specialmente le relazioni dei primi sperimentatori, improntate dello stesso sentimento di terrore, che li invase allorchè, essi inconsci, l'elettrico fuoco penetrò pel loro corpo, e gagliardamente ne scosse le membra. Scrivendo, nel gennaio del 1746, a Réaumur Muschembroeck dice che ei fu colpito nelle braccia, nelle spalle e nel petto così vivamente da perdere il respiro ⁽¹⁾: onde la corona stessa di Francia sarebbe stato troppo lieve compenso al sacrificio di provare altra

(1) « Vi voglio significare, così scrive il Muschembroeck, una sperienza nuova, ma terribile, che vi consiglio di non tentare voi stesso... Io istitui alcune ricerche sulla forza dell'elettricità. Aveva perciò sospeso a due cordoncini di seta un cannone di ferro, il quale riceveva, per comunicazione, la elettricità da un globo di vetro, che si faceva rapidamente girare sopra il suo asse, mentre lo si strofinava sovrapponendovi le mani. Ad una sua estremità pendeva liberamente un filo d'ottone, che si immergeva in un vaso di vetro in parte pieno d'acqua, che io teneva colla mano destra. Coll'altra mano tentai di trarre scintille dal cannone di ferro elettrizzato: e d'un subito la mia destra mano fu colpita con tanta violenza che n'ebbi scosso tutto il corpo, come da un colpo di fulmine. Il vaso sebben sottile, non si rompe, nè la mano vien rimossa dalla sua posizione: ma il braccio e tutto il corpo sono scossi di una maniera terribile, che non posso esprimere: in una parola io credetti che la fosse finita di me ». V. *Hist. de l'electr.* pag. 30.

L'istessa impronta di terrore si manifesta nelle relazioni di Allaman e di Winkler.

volta i terribili effetti della scossa. — Allaman anch'esso, secondo scrive al Nollet, perdette per alcuni istanti il respiro, e tale dolore provò al braccio destro, da temerne funeste conseguenze⁽¹⁾. — Winkler risentì delle violente convulsioni in tutto il corpo, e si ebbe il sangue agitato per modo, da temere un attacco di febbre calda⁽²⁾.

Vuolsi credere che siffatte esagerazioni siano state dai primi sperimentatori immaginate al fine di accrescere la parte meravigliosa di un fatto, già d'altronde per sè non poco singolare e sorprendente. — Tant'è che essi medesimi ne fecero ragione: col sottoporsi altre volte agli effetti della scarica elettrica mostrarono, chè più era stata in essi la prima paura, che il danno.

Il volgo istesso che avidamente trae a tutto, che sia maraviglioso, o sappia di mistero, allibì dapprima, per lo spavento, in udire tali cose: ma poscia, più che lo spavento, potè là curiosità di provare effetti cotanto straordinari, il racconto de' quali già correva rapidissimo per le bocche di tutti.

Non diversamente accadde del memorabile sperimento dei fratelli Mongolfier, e della prima ascensione atmosferica, compiutasi dal Pilatre De-Rozier il 24 novembre 1783. Quale sublime spettacolo! Migliaia d'anni erano corsi: e inesplorato tuttavia rimaneva l'immenso oceano dell'aria. Egli tenta l'audacissima impresa: non batter di palme, non grida di plauso della immensa moltitudine adunata; ma un'angosciosa cura preme l'animo di tutti, finchè l'audace scienziato incolume non ritorna alla terra. Inaugurata la navigazione aerea, prese, da quel giorno, a molti vaghezza di levarsi per lo infinito azzurro del cielo, e

(1) *Phil. trans.* Vol X, pag. 321.

Allaman Giovanni Nicola fu professore di filosofia e di storia naturale in Leida. Tradusse molte opere di storia naturale e di fisica, tra cui quelle di S' Gravesande. Nacque a Losanna nel 1716, e morì a Leida nel 1787.

(2) *Phil. trans. abrid.* Vol. X. pag. 327. — Winkler. *Della virtù elettrica dell'acqua elettrizzata in vasi di vetro.* Lipsia 1746. — *Mémoires de l'Académie des sciences de Paris pour l'année 1746*, pag. 4 a 3.

trascendere le vette più eccelse dei monti, e gli spazi, ove accogliendosi i vapori formano le nubi: e con tanta frequenza oggidì si rinnovano i viaggi per l'aria, che essi oramai son divenuti uno spettacolo ordinario.

Ma il volgo, che nelle sperienze areostatiche fu semplicemente spettatore, in quelle di Leida volle mutarsi in attore. Più non v'ebbe persona, qualunque ne fossero la età, il sesso e la condizione sociale, che rifuggisse dal farsi *elettrizzare*: così dicevasi allora, e così da molti tuttavia si dice, quasichè la singolarità dell'esperienza avesse fatto dimenticare, che v'hanno più altri modi di elettrizzazione.

Lemonnier e Nollet in Francia furono i primi a soddisfare questo desiderio delle moltitudini. — Lemonnier diede la scossa a cento quaranta persone formanti la catena, nella galleria di Versailles, in presenza del Re e della Regina ⁽¹⁾; e l'abate Nollet la ripeté al collegio di Navarra sòvra seicento persone ⁽²⁾.

Non bastarono essi tuttavia ad appagare la generale bramosia di provare e riprovare lo scuotimento elettrico, d'onde venne in pensiero a taluni di fare della boccia di Leida una speculazione commerciale; e sin dall'anno medesimo di sua invenzione, la portarono in mostra nei varii paesi d'Europa, e andarono con essa sperimentando a prezzo d'argento. Videsi allora, per la prima volta, la macchina elettrica abbandonare il gabinetto del fisico, per discendere sulle pubbliche piazze, e la boccia di Leida accompagnarsi al *diavoletto* di Cartesio sul tavolo del bagatelliere. — Se in tutto ciò fece la scienza alcun guadagno, ei fu quello di diffondersi tra le masse, e di mostrare la naturalezza de' fenomeni, che stregonerie sarebbonsi altrimenti riputati, e di affrettar perciò la caduta delle idee superstiziose e dei pregiudizi intorno ai fenomeni dell'universo.

(1) Pietro Lemonnier professore di filosofia nel collegio di Harcourt a Parigi e autore del trattato « *Cursus philosophiae* » nacque a S. Séver nel 1675, e morì nel 1757.

(2) Nollet. *Leçons de phys. expér.* pag. 480. — *Phil. trans. abrid.* Vol. X, pag. 335.

II.

Mentre il volgo estatico ammirava i primi singolarissimi effetti del nuovo apparato, i fisici alacramente si adoperavano a suscitane dei nuovi, non tanto a soddisfazione dell'altrui curiosità, quanto, e principalmente, in servizio della scienza.

Si cominciarono a ricercare le condizioni della carica e della scarica del fluido elettrico, e se ne studiarono gli effetti fisici, meccanici e fisiologici.

Lemonnier riconobbe che la boccia di Leida conserva la propria elettricità per maggior tempo, che non faccia la macchina elettrica (1). Canton trovò il modo di ottenere la *scarica lenta* ponendo la boccia di Leida sovra un corpo coibente, e traendo poscia alternamente la scintilla da ciascuna delle due armature, e ripetendone l'operazione, sino a compiuto esaurimento della carica elettrica. — Egli inoltre dal numero di queste scintille propose di misurare la quantità di fluido accumulato (2).

Watson, con un curiosissimo sperimento, pone in maggior luce gli effetti della scintilla, già studiati da lui e da Ludolf, da Winkler, da Milès e dal Nollet. Egli forma un circuito di sbarre di ferro, alternate a cucchiai contenenti liquori spiritosi, e posti quasi a contatto delle medesime; e poscia vi produce la scarica, che tutti infiamma i liquori ad un tempo (3).

Ma in siffatte ricerche, fra tutti i contemporanei, si distingue il Nollet (4). Egli trae la scintilla da un matraccio di vetro vuoto d'aria,

(1) *Phil. trans.* Vol. X, pag. 333.

(2) *Wilson's Essay*, pag. 64.

(3) *Phil. trans. abrid.* Vol X, pag. 378.

(4) L'abate Giovanni Antonio Nollet nacque a Pimpré nel 1700, e morì a Parigi nel 1770. — Diretto nei suoi studi prima da Dufay e poscia da Réaumur, egli meritò la ammissione all'Accademia delle scienze di Parigi nel 1739. Quindi per lui si creò nel 1756 la cattedra di fisica sperimentale. Fu eletto poscia Maestro dei Reali Principi, e quindi Professore alle scuole militari di La Fère e di Mézières. — Pubblicò le

e comunicante, per l'interno, col conduttore della macchina elettrica ⁽¹⁾.

— Osserva che la boccia di Leida appena sensibilmente si carica, se l'armatura esterna, anzichè tenersi colla mano o mettersi per altra guisa in comunicazione col suolo, si isola sovra un corpo idioelettrico ⁽²⁾.

opere seguenti: *Leçons de physique expérimentale*; — *Recherches sur les causes particulières des phénomènes électriques*; — *Essai sur l'électricité des corps*; — *Recueil des lettres sur l'électricité* ed altri piccoli lavori.

La prima opera che Nollet pubblicò sull'elettricità col titolo « *Recherches ecc.* » è divisa in V discorsi. — Il I contiene una serie di risposte a diversi autori, i quali, scrivendo di elettricità, combatterono l'ipotesi immaginata dal Nollet, o negarono i fatti da lui pubblicati o adottati. — Il II espone le regole a seguirsi per giudicare se un corpo è elettrizzato, e se lo è più o meno. — Il III comprende la discussione delle condizioni favorevoli o nocevoli all'elettrizzamento de' corpi. — Il IV è uno studio della comunicazione del fluido elettrico, e delle condizioni da cui essa dipende, e degli effetti dell'elettricità sulle proprietà dei corpi, nei quali si raccoglie. — Il V finalmente è un esame degli effetti della virtù elettrica sui corpi organizzati.

La seconda opera di Nollet intitolata « *Essai ecc.* » abbraccia tre parti. — La prima è una istruzione concernente la costruzione e l'uso degli strumenti necessari per le esperienze elettriche. — La seconda è un'esposizione metodica dei principali fenomeni elettrici. — La terza è un quadro di congetture, ricavate dall'esperienza, intorno alla causa dell'elettricità. Quest'ultima parte è un riassunto di due memorie lette all'Accademia delle scienze di Parigi negli anni 1745 e 1746, e pubblicate fra gli Atti dell'Accademia medesima.

Le « *Lettres sur l'électricité* » sono divise in due parti. — La prima parte pubblicata nel 1753 contiene le lettere seguenti: la I indirizzata alla signora Ardinghelli di Napoli, in cui riassume le scoperte elettriche del 1752; — la II, III, IV, V, VI, VII a Franklin, nelle quali discute sulla natura della materia elettrica; sulla permeabilità del vetro; sulla esperienza di Leida; sul potere delle punte; e sull'analogia del fulmine e del fluido elettrico. — La VIII al Prof. Jallabert di Ginevra intorno alla scoperta di Franklin. — La IX al Prof. Boze di Wittemberga sulle scoperte in fatto di elettricità e sulle cagioni ritardatrici delle medesime.

La seconda parte, pubblicata nel 1760, è una continuazione delle lettere precedenti, nella quale sono trattate le materie seguenti: — La X indirizzata a Necker Prof. di fisica sperimentale a Ginevra, sulla ipotesi delle affluenze ed effluenze simultanee ed opposte. — La XI, XII, XIII, XIV al signor Du Tour, accademico delle scienze di Parigi, sulle ipotesi di Jallabert, di Franklin, di Dufay, e delle affluenze ed effluenze, immaginate per la spiegazione dei fenomeni elettrici. — La XV è una risposta al Padre G. B. Beccaria, sulla ipotesi delle affluenze, sull'impermeabilità del vetro, ecc. — La XVI a Watson, della Società Reale di Londra, sulle questioni sovraaccennate. — La XVII a N. de Romas, accademico delle scienze di Bordeaux, sovra i cervi volanti.

(1) Nollet, *Recherches sur les causes particulières des phénomènes électriques*, pag. 425.

(2) Nollet, *Lettres sur l'électricité*, parte I, pag. 239.

— Dimostra gli effetti meccanici del fluido elettrico scaricando una boccia di Leida attraverso a lastre di vetro, le quali talora son rotte, ed altra volta forate (1).

In seguito il Nollet abbraccia un campo più vasto nelle sue sperienze. Egli concepisce il progetto di elettrizzare, per alcune ore consecutive, ed a più riprese, delle quantità note di diversa materia, affine di riconoscere, se nelle medesime si verifichi diminuzione di peso, o cangiamento nelle loro qualità. Perciò sperimenta dapprima sopra liquidi, e quindi su corpi inorganici, considerando come tali eziandio i corpi organici di origine, ma privi di vita. E per sapere, se l'elettricità possa alterare la massa di tutti questi corpi, ei ne pesa due per caduna materia e prossimamente dello stesso volume; poscia un d'essi elettrizza, lasciando l'altro allo stato naturale; ed eziandio l'uno e l'altro successivamente elettrizza. E solo dopo una serie di sperimenti alternativi e sopra risultati costanti deduce infine le conseguenze. Siccome poi la diminuzione di peso nei liquidi, se questa ha luogo, può considerarsi come conseguenza dell'evaporazione, a sua volta promossa dall'elettricità: così, a tener conto delle varie condizioni, da cui potrebbe essere più o meno favorita questa evaporazione, egli sperimenta dapprima in vasi di vetro, quindi in vasi di metallo di uguale forma e capacità, e da ultimo in vasi chiusi dell'una e dell'altra materia. — Tutti questi sperimenti egli ripete più volte, in diverse epoche, e giunge ai risultati medii seguenti:

1. Che l'elettricità accresce la evaporazione naturale dei liquidi: poichè ad eccezione del mercurio, troppo pesante e dell'olio d'olivo le cui parti han troppa viscosità, tutti gli altri liquidi sperimentati soffrono tali perdite, che non si possono attribuire ad altra causa, che alla elettricità.

2. Che l'elettricità accresce tanto più l'evaporazione quanto è più volatile il liquido, su cui essa opera: infatti lo spirito volatile di sale

(1) Nollet, *Lettres sur l'électricité*, parte I, pag. 42.

ammoniac sublimato maggior perdita che lo spirito di vino e quello di terebintina; questi due ultimi più dell'acqua comune; e l'acqua più dell'aceto e della soluzione di nitro.

3. Che l'elettricità ha maggior effetto sui liquidi, quando i vasi, che li contengono, sono di tale natura da elettrizzarsi meglio o più facilmente per comunicazione. Così al postutto parve al Nollet che gli effetti fossero maggiori con vasi di metallo, che non con quelli di vetro.

4. Che la evaporazione, cagionata dall'elettricità, è maggiore quando il vaso contenente il liquido è più aperto; senza che tuttavia l'incremento di essa segua la ragione dell'ampiezza della apertura.

5. Che finalmente la elettrizzazione non fa punto svaporare i liquidi attraverso i pori del metallo, nè attraverso quelli del vetro; perocchè in seguito a prove, che durarono dieci ore, non si trovò alcuna diminuzione nel peso dei liquidi conservati in vasi ermeticamente chiusi e sottoposti all'elettrizzamento (1).

Il Nollet intraprende poscia un'altra serie di sperienze sopra i solidi. — Riconoscendo che i decrementi, cagionati dalla elettricità, dipendono dalla evaporazione; e d'altronde volendo sperimentare sopra quantità prossimamente uguali, egli misura il volume delle sostanze, che sottopone allo sperimento, ed ottiene per risultato:

1. Che la elettricità fa diminuire eziandio il peso di que' corpi, che hanno la consistenza di solidi, purchè abbiano fra i pori un qualche succo, od umore atto ad evaporarsi; essendochè i legni secchi, i metalli, ecc. che non ne hanno, non si alterano di peso, ancorchè vengano elettrizzati.

2. Che gli effetti dell'elettrizzazione sui corpi solidi, a parità di altre condizioni, sono maggiori in quelli, la cui superficie è eziandio maggiore.

Dai quali fatti sperimentali, conchiude il Nollet, appare ad evidenza che l'elettricità può prendere qualche cosa dalla massa di certi

(1) Nollet, *Recherches sur les causes etc.*, pag. 315 e seg.

corpi. Ma poichè v'hanno eccezioni, e ogni corpo elettrizzato non diviene perciò più leggero, vuolsi credere che le emanazioni elettriche non siano punto per se stesse di tale effetto la causa prima, ma soltanto occasionale: trascinando cioè seco loro quanto v'ha, fra i pori de' corpi elettrizzati, capace di obbedire al loro moto e di sprigionarsi con esse ⁽¹⁾.

Sperimentando infine sul latte, sull'acqua, sull'alcool, su altri liquori, sul pane, sulla carno, sulle frutta, non riconosco verun'alterazione nelle loro qualità sensibili in seguito all'elettrizzamento ⁽²⁾.

Non trova neppure alcuna variazione di intensità magnetica in una calamita, sottoposta a dieci ore di continuo elettrizzamento ⁽³⁾. — Nè manco vede innalzarsi il mercurio e l'alcool de' termometri per analogo trattamento ⁽⁴⁾. Da ultimo immergendo due termometri in due liquidi egualmente caldi, uno dei quali va del continuo elettrizzando, riconosce, contrariamente alla previsione sua, che l'elettricità non ne accelera, nè ritarda il raffreddamento ⁽⁵⁾.

III.

Tutti i giornali d'Italia, dal 1747 al 1749, menarono grande rumore di una nuova cura medica, fatta col mezzo dell'elettricità. — Sostanze odorose e medicinali, ermeticamente chiuse in tubi di vetro elettrizzati poscia collo strofinamento, parzialmente trapassavano (così fu creduto) le pareti del medesimo, comunicando alle persone, che tenevano il tubo colle mani, la virtù loro specifica: operando perciò ugualmente, che se fossero introdotte nell'organismo animale. — Ecco alcune prove dei salutari effetti di queste spalmature di balsami e di

(1) Nollet, *Recherches etc.*, pag. 332 e seg.

(2) Nollet, id. pag. 335.

(3) Nollet, id. pag. 337.

(4) Nollet, id. pag. 338.

(5) Nollet, id. pag. 340.

droghe introdotte nei tubi e nei cilindri elettrici, e che gli italiani dissero *intonacature*.

Un tale, molestato da un dolore nei fianchi, ribelle alla cura dell'issopo consigliatogli da' medici, si fa elettrizzare, tenendo in mano un cilindro di vetro, con entrovi, ermeticamente chiuso, del balsamo di Perù. Ciò fatto, va in letto, piglia sonno, suda, e la virtù del balsamo si divide per modo, che gli abiti, il letto, la camera, e tutta la sua persona furono impregnati dell'odore di quel balsamo.

Un altro cotale, che invano aveva ricorso alla scienza medica, per guarire d'una piaga di natura maligna ad un piede, sperimenta la nuova cura. Con un cilindro di vetro, pieno di appropriati medicinali, gli si traggono delle scintille dal piede per alcuni minuti. Dopo ciò il malato passa men dolorose le notti, ha facile e copioso il sudore, e in capo ad otto giorni è perfettamente guarito. *

Monsignor Donadoni, vescovo di Sebenico, in età di settantacinque anni, soffriva da molto tempo nei piedi e nelle mani dei vivissimi dolori di gotta, che l'avevano oramai sì malconcio, da non poter egli più muovere le dita e piegare le ginocchia. — Un cilindro di vetro, pieno di materie risolutive, opera su lui per modo, che la virtù elettrica penetrandogli nel corpo, egli tosto sente delle insolite commozioni nelle dita. Continuandosi l'azione elettrica per due minuti, apre egli e chiude le mani, stringe con esse fortemente una persona a lui vicina, si alza, cammina, batte palma a palma, si accosta una sedia e vi si adagia, esce quindi dalla camera e senza aiuto d'altri scende le scale, maravigliato della nuova sua forza, e dubbioso quasi se il tutto sia una realtà ovvero un sogno.

E qui basti: chè, volendo, più altri fatti del medesimo stampo potremmo citare. Effetti straordinarii sono questi: e le subitanee guarigioni, che ne furono la conseguenza, tanto sono maravigliose, che hanno assai del prodigio e del miracolo. — Non erano dunque al tutto fuor di ragione coloro, che i fisici di altri tempi accusavano di magia!

Che ne pensi, o lettore? — Forse a te in questo punto occorrono al pensiero i tempi, ne' quali ansiosamente cercavasi dagli alchimisti un rimedio capace di guarire tutte le fisiche infermità, e ognun d'essi sognava d'averlo ritrovato. — O forse, senza pur rammemorare i tempi passati, in riflettere a tali cose, a te pare senz'altro di leggere la quarta pagina dei nostri giornali, dove periodicamente si strombazzano le portentose guarigioni, ottenute con un semplice consulto magnetico, e senza che neppure abbisogni la presenza materiale dell'infermo. Smisurata cotanto è la virtù del magnetismo, che una sola ciocca-di capelli del malato è a gran pezza bastante, perchè s'indovini d'un colpo la malattia, e con mirabile magistero se ne faccia la diagnosi, si prescriva la cura e se ne pronostichi il felicissimo risultato.

Dai quali fatti tu argomenti, non senza ragione, che ogni tempo ha la sua istoria di fanatismi, di superstizioni, di ciarlataneria e di credulità. — Non ti sarà tuttavia malagevole il distinguere il carattere proprio dei procedimenti terapeutici, adottati nelle diverse epoche. Ai tempi nostri è il ciarlatanismo, che indegnamente si burla della ignoranza del volgo: laddove nel secolo passato è il fanatismo della scienza, che stimola gli elettricisti, quel fanatismo istesso, onde erano invasi i ricercatori della panacea universale.

Infatti è inventore della nuova medicina elettrica Gian Francesco Pivati da Padova, membro dell'Accademia delle scienze di Bologna, laborioso scrittore, giureconsulto, ed appassionato cultore della fisica ⁽¹⁾. — A divulgarne i precetti concorrono il Dottore Verati a Bologna,

(1) Pivati, *Della elettricità medica*: lettera a Francesco Maria Zanotti, Segretario dell'Accademia delle scienze di Bologna. Lucca, 1747. — *Riflessioni fisiche sopra la medicina elettrica*, Venezia, 1749. *Dizionario scientifico ecc.* Tom. X.

Phil. trans. abrid. Vol. X, pag. 400 e seg.

Il Pivati fu bibliotecario in Padova e poscia revisore dei libri in Venezia, dove morì nel 1764. — Pubblicò dal 1746 al 1751 *Il nuovo dizionario scientifico e curioso, sacro e profano*. Quest'opera è divisa in 10 tomi in foglio grande: ogni tomo è adornato di molte tavole in rame, destinate alla illustrazione di sperienze e di osservazioni relative alle cose naturali.

l'anatomista Bianchi a Torino, e il Prof. Winkler in Germania a noi già noto per molte elettriche sperienze (1).

Non è quindi a maravigliare se i fatti della nuova medicina, già portentosi per se stessi, resi ancora maggiormente credibili dall'autorità e dall'ingegno de' primi sperimentatori, diventarono tosto oggetto di accuratissimo esame per tutti gli elettricisti (2). — E qui finisce la serie dei trionfi della nuova terapia, che si era annunciata con sì strepitosi fenomeni. Watson a Londra, Jallabert a Ginevra, Boze a

(1) Giovanni Battista Bianchi fu Professore nell'Università di Torino, e per lui nel 1715 si creò l'anfiteatro anatomico. — Pubblicò non pochi lavori di medicina, che gli procacciarono molta fama: onde gli venne offerta una cattedra nell'Ateneo di Bologna, ch'egli rifiutò per non allontanarsi dal luogo natale, dove morì nel 1761.

Giovanni Giuseppe Verati pubblico professore nella Università di Bologna, ed accademico dell'Istituto, dedicò al Senato di Bologna uno scritto intitolato: *Osservazioni fisico-mediche intorno all'elettricità*. Bologna 1748.

V. inoltre: lettera del canonico Brigoli sopra la macchina elettrica. Verona 1748.

Winkler di Lipsia, e professore di lettere latine in quell'Università, fu uno dei più zelanti cultori della scienza elettrica, che vantasse la Germania verso la metà del secolo passato. — Oltre la memoria da lui pubblicata, nel 1736, poco dopo la scoperta di Leida, « *Sulla virtù elettrica dell'acqua elettrizzata in vasi di vetro* », Winkler compose un altro lavoro sull'elettricità intitolato « *Saggio sulla natura, sugli effetti e sulle cause dell'elettricità, con una descrizione di due nuove macchine elettriche* », che fu tradotto in francese nel 1748.

Quest'opera di Winkler è divisa in due parti: la storica e la fisica. — La storica comprende le nozioni generiche sull'elettricità. Tratta cioè della costruzione della macchina elettrica; dell'elettricità originaria, ossia non generata da altra elettricità; dei fenomeni con cui l'elettricità si manifesta; dei corpi cui può trasmettersi; dei movimenti dei corpi elettrizzati; della luce e della scintilla elettrica; della forza e della velocità del fluido elettrico; e de' suoi effetti nel vuoto.

La parte fisica comprende lo scioglimento di varie questioni concernenti la direzione del movimento della materia elettrica; il modo d'azione della medesima; i suoi rapporti col fuoco, con la materia dei corpi elettrici, e con la materia solida dei corpi; l'azione sovr'essa dello strofinamento; la distribuzione della medesima attorno ai corpi; l'azione reciproca delle atmosfere elettriche; l'origine della scintilla ecc.

(2) Baker, consigliando la ripetizione di quelle sperienze, fa la seguente osservazione: « Per quanto assurdi paiano tali fenomeni, non si possono condannare in modo assoluto prima di averne tentata la riuscita. Niuno v'ha di noi, credo io, che non si ricordi il tempo nel quale i fenomeni elettrici, oggi comunissimi e famigliari, erano giudicati non meno credibili di quelli, che noi ora esaminiamo ».

V. *Phil. trans. abrid.* Vol. X, pag. 403.

Wittemberga, Garro a Torino ⁽¹⁾ e quanti vollero ripetere que' fatti, non giunsero ad ottenerli.

Watson, a meglio riuscire nelle sue indagini, richiese Winkler di globi e di cilindri da lui medesimo preparati, non che di un ragguglio particolareggiato delle operazioni da farsi. Avuto quanto gli bisognava tentò, il 12 giugno 1754, le sperienze accennategli da Winkler, al cospetto di parecchi membri della Società Reale di Londra: ma non giunse ad ottenere in alcun modo la trasudazione dei liquori attraverso le pareti dei vasi.

Il Nollet anch'esso, ed anteriormente a Watson, oppugnò il sistema di Pivati. — Egli considera i due fenomeni distinti della penetrazione di materie odoranti attraverso a vasi di vetro, e dell'azione immediatamente salutare di queste esalazioni animate dalla virtù elettrica. Rivolge la sua attenzione al primo di questi fenomeni, che gli sembra contraddire alle conseguenze, da lui dedotte cogli sperimenti, rispetto alla evaporazione dei liquidi contenuti in vasi aperti o chiusi. A chiarire il dubbio se possa un tale fatto dipendere esclusivamente dallo elettrizzamento del vetro, egli ripete le sperienze sul balsamo di Perù, ermeticamente chiuso in tubi ed in globi di vetro, che poscia sottopone ad un lungo elettrizzamento. Ma non gli viene fatto mai di sentirne l'odore all'intorno del corpo elettrizzato. Bramoso di schiarimenti si rivolge al torinese Bianchi, da cui gli viene comunicata, in risposta, una serie di risultati sperimentali da lui ottenuti, non meno sorprendenti di quelli del Pivati ⁽²⁾, e che egli tenta invano di riprodurre collo sperimento. Onde esce in queste parole: « Il vetro d'Italia, l'aria che vi si respira, il grado di calore che vi regna, il temperamento delle persone che vi abitano, una maniera di sperimentare, di cui forse in alcuna sua parte ne sia fatto un secreto, la qualità dello

(1) Il p. Garro precedette il p. Giambattista Beccaria nella cattedra di fisica sperimentale della Università di Torino.

(2) Nollet. *Recherches sur les causes ecc.* pag. 418 e seg.

droghe adoperate, sarebbero dunque la cagione dello differenze dei risultati nostri da quelli, che ci furono annunziati? Il timore, la speranza, ecc. avrebbero così sopraffatto lo spirito degli infermi, sino a far loro credere scemata la intensità del male, ond'erano tormentati? L'anima, singolarmente colpita alla vista d'un apparato e di un effetto nuovo per essi, avrebbe talmente reagito sul corpo, da modificare lo stato e la fisica disposizione? Ho io infine mancato di avvedutezza o di fortuna? Il tempo chiarirà tutte queste dubbiezze ». — Ma infine, seguendo il costume suo di non risparmiare nè fatiche nè spese nella ricerca della verità, egli viene in Italia, per vedere coi proprii occhi lo decantate meraviglie.

Fermatosi per oltre due mesi in Piemonte, ripete gli sperimenti col Bianchi, senza ottenerne soddisfacenti risultati. Percorre gli altri paesi d'Italia ed interroga quanti si adoperavano intorno alle nuove sperienze, fra i quali, dic'egli, il Pivati medesimo: ma i suoi dubbi, intorno all'efficacia del nuovo procedimento terapeutico, anzichè dileguarsi, si accrescono viepiù (1). — Finalmento in Venezia il medico Giovanni Fortunato Bianchini con buon numero di sperienze dimostra ai partigiani della nuova dottrina la insussistenza de' fatti, che erano posti a fondamento della medesima (2).

(1) Nollet. *Essai sur l'électricité*, pag. 219 e seg.

(2) Bianchini. *Saggi di sperienze intorno alla medicina elettrica*. Venezia, 1749.

In questo scritto il Bianchini sottopone ad esame la dottrina di Pivati, ed analizzandone i principii che la informano, ad uno ad uno li combatte con la sperienza.

Stabilisce la dottrina di Pivati:

1. Che sostanze odorose, introdotte in un cilindro di vetro, che poi si elettrizza, diffondono al di fuori l'odore, che esse hanno, benchè ermeticamente chiuse. — Bianchini sperimenta dapprima col solfo polverizzato chiuso in un cilindro e in una sfera di vetro; ma da questi non sprigionasi odore di sorta, per quanto si siano elettrizzati e il cilindro e la sfera. Risultati parimenti negativi egli ottiene chiudendo successivamente negli stessi apparecchi canfora, muschio, terebintina, benzoina.

2. Rimedi purganti, diuretici, sudorifici, ecc. possono, mercè il tubo elettrico, essere introdotti nel corpo umano, e quindi esercitare la loro azione. — Bianchini

La nuova dottrina medica morì dunque al suo nascere: e noi l'abbiamo giudicata dai fatti storici di quel tempo. — Or bene: qual è sovr'essa il giudizio della scienza moderna? Essa riconosce imperfezione nel metodo di sperimentare, ed esagerazione nei risultati delle sperienze di que'tempi; ma accetta il principio fondamentale del sistema (1).

Pivati osservando le modificazioni di colore, di odore e di sapore che ricevono le scariche elettriche, secondo la varia natura de' corpi inorganici ed organici donde son tratte, pensò d'introdurre, mercè le scariche stesse, delle sostanze medicamentose nell'organismo vivente: Il fisico italiano Fusinieri provò il trasporto della materia ponderabile prodotto dalle scariche elettriche, non meno che dalla corrente svolta

sottopone a prova mercurio, gomma gutta, scamonea, terebintina, antimonio; ma le persone, sulle quali sperimenta, non ne risentono la menoma azione. — Ricorre quindi a sostanze più energiche, anzi narcotiche e velenose, siccome l'oppio, il sublimato corrosivo, la polvere di cantaridi, e neppure si manifesta alcuna sensibile azione.

3. Bianchi e Verati suggerirono di tener in mano i rimedii, assicurando che, a mezzo dell'elettricità, l'azione loro si diffondeva nell'organismo. — Bianchini si frega le mani con aloè, e trae poscia molte scintille senza tuttavia risentire punto l'azione del purgante. Lo stesso accade con la scamonea, e perfino con l'oppio e col sublimato corrosivo sperimentati sovra un fanciullo.

4. Brigoli finalmente sosteneva la efficacia dei rimedii chiusi entro sottili caraffe. Bianchini v'introduce materie solide e liquide, e le sottopone a diverse prove e sempre invano.

Da tutti questi sperimenti egli conchiude che la elettricità, oramai considerata in Germania siccome un rimedio universale, è, a suo credere, un rimedio per sé indifferente e capace di produrre tutt'al più degli effetti passeggeri; e che i tubi e i cilindri diuretici, cefalici, antiparalitici, antiploetici, sudorifici, purgativi, ecc. del Pivati, non hanno realmente la efficacia ai medesimi attribuita dall'inventore.

Phil. trans. abrid. Vol. XLVIII, pag. 399.

Bianchini Giovanni Fortunato, nato a Chieti nel 1720 e morto nel 1779, fu Professore di medicina pratica nella Università di Padova, e lasciò vari opuscoli che fanno fede del suo sapere e della sua erudizione.

(1) Grimelli. *Storia scientifica ed artistica della elettro-metallurgia originale italiana*, 1844, pag. 30. — Zantedeschi. *Memoria I del trasporto della materia ponderabile nelle correnti elettriche* letta all'Ateneo veneto il giorno 11 gennaio 1841.

negli apparati voltaici ⁽¹⁾. — Ed ecco dopo tale scoperta risorgere la dottrina di Pivati. Il Prof. Brera è il primo ad applicare nuovamente questa proprietà dell'elettrico, per introdurre nell'organismo umano particolari principii medicamentosi, disciolti dalle correnti stesse, anzichè applicati, sotto l'influenza delle medesime, in istato di composizione farmaceutica. — A lui poscia tengono dietro il De Moulen ⁽²⁾, il Grimelli ⁽³⁾ e molti altri, italiani ⁽⁴⁾ e stranieri ⁽⁵⁾.

IV.

L'effetto che la scarica elettrica produce sui corpi organizzati e particolarmente sul corpo umano fu, tra i fenomeni molteplici dovuti all'elettricità, uno di quelli, che a sè richiamarono l'attenzione dei dotti, tosto dopo la scoperta della macchina elettrica e della boccia di Leida.

I primi sperimenti già lasciavano intravedere la straordinaria potenza del fluido elettrico: uccelli e pesci, sottoposti dal Nollet alla azione della scarica, cadevano, come colpiti da fulmine.

(1) Il Fusinieri vide i metalli, ridotti in tenuissime particelle, deporsi sovra altri metalli, internarsi nei medesimi; vide l'argento trapassare il rame, e l'oro trapassare l'argento, come accade nella esplosione del fulmine, il quale altro non è che una scarica elettrica.

V. *Giornale di fisica e chimica* di Brugnatelli. 1821, 1823, 1827, e specialmente 1825, pag. 450. — *Annali di fisica ecc.* Tom. XXVI, pag. 64 e 149.

(2) *De electricitatis therapeutico usu*, 1826.

(3) *Elettricità fisiologico-medica*, 1839, pag. 79 e 162. — *Storia scientifica ed artistica della elettro-metallurgia italiana*, pag. 13, 30, 69, 114.

(4) *Sperienze* del dott. Francesco Rossi di Torino. — *Annali universali di medicina*, maggio e giugno 1838. — Magrini. *Annali delle scienze del regno Lombardo-veneto*, 1839, pag. 182. — Comelli. *Bollettino della Società medico-chirurgica di Bologna*, 1844, pag. 174.

(5) Fabrè-Palaprat. *Memoria letta all'Accademia delle scienze di Parigi il 13 maggio 1833.*

The electro-physiology of man, with practical illustrations of new and efficient modes of galvanic treatment in a variety of cases by John Doddridge Humphreys, 1843.

Era pertanto naturale che si cercasse di scuoprire il modo di azione del fluido elettrico sui corpi organizzati e viventi. Il Nollet vi si accinse pel primo, e, fatta ragione de' tempi, convien dire che egli trattò l'argomento con molta dirittura di raziocinio, e lo confortò con buon numero di sode sperienze.

L'esame degli effetti fisiologici della elettricità forma l'oggetto del quinto discorso delle sue « *Ricerche intorno alle cause particolari dei fenomeni elettrici*: » al quale noi ricorriamo per tracciare rapidamente la istoria dei tentativi, fatti da lui e dai suoi contemporanei, sovra questa parte della scienza elettrica ⁽¹⁾.

Egli incominciò le sue sperienze con l'elettrizzamento dell'acqua in vasi terminati da tubi capillari, per verificare se lo sgorgo del liquido, che si fa naturalmente goccia a goccia, diventi continuo e diviso in più getti parziali, allorchè si elettrizza il vaso da cui esce, siccome eragli stato annunziato da Boze: dal quale fatto si deduceva l'acceleramento dello sgorgo, cagionato dalla elettricità. Egli riconobbe bensì la continuità della vena fluida, ma non osò di botto inferirne l'acceleramento dello sgorgo: potendo anche avvenire, che le grosse gocce, tra loro divise per piccoli intervalli di tempo, fornissero una quantità di liquido uguale a quella di più getti impercettibili. Progettò quindi di risolvere i suoi dubbi, misurando la quantità di liquido sgorgante in un tempo determinato. E per riconoscere ancora se l'accelerazione, se pur vi era, fosse uniforme, sperimentò con vasi di varia grandezza, terminanti in tubi di diverso diametro, da tre linee infino ai minimi tubi capillari. Ei trovò la questione assai più complessa, di quanto fosse dalle prime apparenze accennato, e la sciolse con le seguenti conclusioni:

1. Che l'elettricità accelera sempre lo sgorgo, che si fa goccia a goccia dai tubi capillari.

(1) Priestley ne diede pure un sunto, il quale forma l'oggetto della sezione quarta del periodo ottavo della sua storia.

2. Che questa accelerazione non è grande quanto appare, a giudicarne dal numero dei getti.

3. Che l'accelerazione è tanto maggiore, quanto più stretto è il canale di efflusso.

4. Che non appare accelerazione, nè ritardamento, allorchè il liquido esce con getto continuo, e per un canale di mediocre grandezza, ossia di una a due linee di diametro.

5. Che l'elettrizzazione, specialmente se forte, anzichè un'accelerazione, cagiona un ritardo, allorchè l'acqua sgorga da un orificio di mediocre dimensione, per es. di una linea e mezzo di diametro o un po' meno (1).

Esaminò poscia Nollet il curioso spettacolo degli efflussi d'acqua elettrizzati nell'oscurità: i quali furono per la prima volta osservati da Boze e da Gordon (2). — Allorchè l'efflusso ha luogo da orifici un poco larghi, un fascio di raggi luminosi circonda da ogni parte il getto liquido, là dove questo incomincia a sparpagliarsi. I getti divergenti, allorchè toccano il fondo del recipiente destinato a riceverli, o la superficie dell'acqua che esso contiene, od ancora quando loro si accosta la mano, come per arrestarli nella loro caduta, pigliano l'aspetto di globuli infuocati. Questo miscuglio d'acqua e di fuoco, appare anche meglio in vaso metallico, la cui apertura sia alquanto ristretta.

(1) Nollet. *Recherches sur les causes* ecc. pag. 342 e seg.

(2) Il padre Gordon di Erfurt, e il Prof. Boze di Wittemberga, contemporanei di Nollet, di Watson, ecc. contribuirono, nel secolo passato, a diffondere in Germania lo studio della fisica: in ciò preceduti da due chiarissimi uomini, lo S^r Gravesande ed il Muschembroeck, i quali nell'Accademia di Leida e nell'Università di Utrecht già avevano piegate le menti alla Newtoniana filosofia.

Gordon pubblicò un trattato di fisica sperimentale. — Boze lasciò alcune opere sull'elettricità, delle quali già altrove occorre di far cenno. Entrambi poi rivolsero specialmente la loro attenzione ai fenomeni elettrici. — Anzi in Boze tanto era l'ardore nello sperimentare di cose elettriche, che allo udire le strepitose relazioni, che Muschembroeck ed altri venivano facendo della scossa della boccia di Leida, disse che egli avrebbe voluto morire d'una scossa elettrica, perchè il racconto della sua morte fosse materia ad un articolo nelle Memorie dell'Accademia Reale delle scienze di Parigi. — V. Priestley. *Hist de l'électr.* pag. 164.

— Presentando poi la mano al getto liquido poco al disotto dell'orizzio, la vena fluida, qualunque ne sia la grossezza, abbandona la direzione verticale per accostarsi alla mano, scagliando contr'essa delle vive scintille capaci di accendere l'etere, l'alcool, ecc. (1).

Scorgendo pertanto a tutta evidenza che la elettricità seco, per così dire, trascina i liquidi scorrenti in piccoli canali, cominciò a credere il Nollet « che una tale virtù, impiegata a modo, potesse esercitare alcun notevole effetto sui corpi organizzati: i quali si assomigliano, per certa guisa, a macchine idrauliche dalla natura medesima composte; e pensò che l'azione elettrica potrebbe manifestarsi sulla linfa dei vegetali, e dare ai fluidi dell'organismo animale alcuni movimenti, ai medesimi utili o fors'anche dannosi ».

Siffatti pensieri occupavano la mente del Nollet, quando apprese che in Inghilterra già eransi tentati gli esperimenti, che egli andava escogitando. — Invero il Dottor Mambrey di Edimburgo aveva, per tutto il mese di ottobre del 1746, elettrizzati due mirti: da' quali, a differenza dei loro compagni non elettrizzati, spuntarono gemme e piccoli rami (2).

Senza voler dedurre da un fatto, unico ed isolato, la conseguenza generale, che la elettricità favorisce ed accelera la vegetazione, il Nollet intraprese un analogo esperimento nell'ottobre del 1747. — Pose egli in due vasi un ugual numero di grani di senapa: e fatte uguali ad entrambi le condizioni di terra, di luogo, di luce, ecc. ne elettrizzò uno per quindici giorni consecutivi, e per due e fino a quattro ore cadun giorno: e n'ebbe risultati identici a quelli di Mambrey.

Così ancora l'abate Ménon affrettava notevolmente, per mezzo dell'elettricità, la germinazione di radici di ranuncoli nell'inverno del 1748; siccome appare da alcune lettere indirizzate al signor di Réaumur, nelle quali rende conto di più altre sperienze da lui istituite.

(1) Nollet, id. pag. 353 e 354.

(2) *Phil. trans. abrid.* Vol. X, pag. 383.

In quest'epoca medesima sperimentavano di tali cose il Prof. Jallabert di Ginevra e il Boze di Wittemberga. Elettrizzando diverse specie di piante, di arbusti, di fiori, di bulbi e di semi, videro rinnovarsi gli stessi fenomeni di acceleramento nella vegetazione.

Jallabert dedusse inoltre da'suoi sperimenti che l'elettricità favorisce la traspirazione delle piante. « Applicai, dice egli nella sua opera intitolata: *« Expériences sur l'électricité »*, alla bocca di caraffe piene d'acqua, dei bulbi di giacinto, di narciso e di giunchiglia, in modo che ne fosse impedita la evaporazione. Un tubetto, nel quale passava un filo metallico, manteneva la comunicazione dell'acqua con l'aria esterna. Pesate prima, sopra un'esatta bilancia, le caraffe che voleva elettrizzare, e quelle che non lo dovevano essere, riconobbi, che tutte le elettrizzate scemavano di peso in maggior proporzione, che non sia avvenuto alle altre non sottoposte all'elettrica azione ».

Jallabert confermava per tal modo la opinione, emessa già da altri fisici, e specialmente dal Nollet: il quale, elettrizzando, per quattro o cinque ore di seguito, dei frutti e delle piante verdi e delle spugne, immerse nell'acqua ed accuratamente pesate, trovò che, dopo l'esperimento, tutti questi corpi erano notevolmente più leggeri, che altri della medesima specie non elettrizzati, posti nel medesimo luogo e ad uguale temperatura ⁽¹⁾.

V.

L'abate Nollet fu tra i primi ad applicare la elettricità alla economia animale; altro fatto non conoscendosi, per lo innanzi, all'infuori di quello ricordato da Tremblay, che cioè in una persona elettrizzata notavasi un acceleramento nel polso ed una particolare sensazione in tutto il corpo ⁽²⁾.

(1) Jallabert. *Expériences sur l'électricité*. Cap. V, pag. 80 e seg.— *Phil. trans. abrid.* Vol. X, pag. 383.

(2) *Phil. trans. abrid.* Vol. X, pag. 331.

Le leggi d'efflusso dei liquidi dai vasi, muniti di tubi capillari, parvero al Nollet applicabili non solo ai vegetali, ma ancora agli animali, di cui i pori sono le estremità d'infinite ramificazioni capillari, ed i cui vasi sono dotati d'una forza contrattile, che aiuta la velocità della circolazione.— La traspirazione pertanto debb'essere accelerata, e quasi promossa, dalla *effluenza* della materia elettrica.

Mosso da questa idea egli prese a sperimentare sovra gli animali e, tuttochè l'organismo umano fosse lo scopo principale delle sue ricerche, seguì tuttavia l'antico precetto della medicina, che consiglia di sperimentare dapprima « *in anima vili* ». Per ciò scelse più coppie di animali di diversa specie, gatti, colombi, passerì, ecc. separatamente li pesò. Elettrizzandone poscia uno per caduna coppia, da cinque a sei ore di seguito, e ripetendo dappoi le medesime prove sugli animali di cadun paio non elettrizzati la prima volta, trovò egli costantemente, che l'animale elettrizzato scemava di peso maggiormente, che il non elettrizzato. — Uguali effetti ottenne poscia dallo elettrizzamento di persone: e così fu certo che la elettricità favorisce la traspirazione degli animali in genere, come erasi già trovata giovevole alla medesima funzione delle piante.

Alla medicina poi, dice egli, importa di conoscere se questa nuova maniera di accrescere e di provocare la traspirazione sia agli infermi profittevole, altrettanto quant'essa è ai sani. — Pensa egli frattanto che l'applicazione della elettricità possa riuscire vantaggiosa, sempre quando si tratti di rianimare la circolazione rallentata nel sistema capillare: epperchè suppone che essa debba segnatamente giovare nella cura della paralisi; e tosto mette a prova le speculazioni della sua mente.— Ma i primi tentativi gli andarono quasi onninamente falliti, nè forse più li avrebbe ripresi, se in quel medesimo tempo l'esito felice delle cure elettriche, intraprese da Jallabert a Ginevra, non fosse venuto in buon punto a rianimargli le quasi morte speranze⁽¹⁾.

(1) Nollet. *Recherches etc.*, pag. 405.

Jallabert, sul finire del 1747, concepì l'idea di sottoporre alcuni malati al trattamento elettrico, traendo scintille da varie parti del loro corpo accostate al conduttore di una macchina elettrica. Egli credette di riconoscere che la elettrizzazione era capace di attivare la circolazione del sangue, di risvegliare la sensazione addormentata, di richiamare al movimento un organo paralitico, e di determinare movimenti convulsivi involontari. Egli riuscì con la elettrizzazione per scintille e per forti commozioni, se non a radicalmente guarire, certo a migliorare notevolmente la condizione d'un uomo, che aveva il braccio destro paralitico, specialmente per la facoltà del sentire, e di cui la mano e l'avambraccio erano atrofizzati (1).

Allo eccitamento delle sperienze altrui si aggiunse pel Nollet una favorevole occasione di ritentare le prove, fallitegli la prima volta: chè il ministero della guerra lo autorizzò ad intraprendere, insieme a parecchi medici, la cura elettrica sopra soldati paralitici, ricoverati all' *Hotel royal des invalides*. — Tre fra essi ne scelse il Nollet: dei quali il primo, di quarantanove anni, e da tre anni paralitico in tutta

(1) Ecco un sunto della relazione fatta da Jallabert, nella sua opera, della cura elettrica da lui felicemente condotta.

Sul finire di giugno del 1733 un fabbro-ferraio, battendo a martello una sbarra di ferro, fu rovesciato a terra, privo di sensi e di moto, da un colpo dato in falso. Gli si amministrarono tosto i rimedi, che per solito si usano in tali contingenze: ma passarono alcuni giorni pria ch'egli ritornasse in sé; restando tuttavia muto e, per soprappiù, paralitico dal lato destro. Sperimentati, per due anni consecutivi, i bagni d'Aix in Savoia, ne ricavò bensì qualche giovamento: ma restò ancora paralitico in quasi tutta la parte inferiore del corpo. Non poteva inoltre muovere l'avambraccio ed il carpo; e tre dita della mano avevano perduto ogni sensibilità; zoppicava per di più dal lato destro, camminando soltanto con l'aiuto d'un bastone. — In questo stato, mosso dalla speranza, che un maggior beneficio gli potesse tornare dalla elettricità, pregò, sul finire del dicembre 1747, il prof. Jallabert a volerlo elettrizzare.

Sin dalle prime prove le scintille, che si traevano dall'avambraccio, erano vive ed eccitavano movimenti rapidi nel muscolo, ond'erano tratte: il pugno e le dita n'erano diversamente agitati, privi di qualsiasi movimento volontario, si muovevano a piacimento di colui, che eccitava le scintille. — Dopo una cura di due mesi il malato era pressochè totalmente guarito.

V. Jallabert. *Expériences sur l'électricité etc. Journal du traitement électrique etc.*, posto in fine della prima parte.

la parte sinistra del corpo, in seguito a ferita nella parte destra del capo; — il secondo, di ventisette anni, per ferita di arma da fuoco all'occhio sinistro, paralitico in tutto il lato destro del corpo; — il terzo, di quarantott'anni, e da diciassette anni paralitico in tutta la parte sinistra.

La cura del primo paralitico, fatta per mezzo della scintilla e della scarica d'una boccia di Leida, fu dopo otto giorni abbandonata, perchè riconosciuta inefficace. — La stessa cura, continuata sovra gli altri due, fece dapprima concepire la speranza d'un buon esito, perchè le loro mani, che prima erano rigide e chiuse, cominciarono ad aprirsi: le dita, che erano come incollate fra loro, cominciarono a separarsi e piegarsi, allorchè traevasi una scintilla dai muscoli, cui riferivasi il loro movimento: il pugno e l'avanbraccio si piegavano e si distendevano, e i malati sentivano dolori, anche dopo avvenuta la elettrizzazione, nelle parti, da cui erasi tratta la scintilla. Questi effetti andarono crescendo nei primi quindici giorni: e per sei settimane si continuò a sperare, che questi movimenti, eccitati dalla scossa e dalle scintille, finirebbero per sottomettersi alla volontà del malato. Ma ciò non fu: e, venuta meno la pazienza ne' malati e la fiducia nei medici, si dovette abbandonare la cura.

Ciononostante il Nollet conchiuse dalle sue sperienze, confrontate colle altrui, che la elettricità, impiegata con perseveranza ed adoperata con accorgimento, può essere un rimedio contro la paralisi, e forse ancora contro più altre malattie, la cui sede è nei muscoli e nei nervi.

Vedremo altrove che il pronostico di lui non era falso: intanto a lui si debbe il merito d'aver iniziato questa utilissima applicazione della elettricità.

SEZIONE QUARTA.

Indagini e congetture di Nollet e di Muschembroeck intorno alle analogie ed alle differenze delle materie costituenti la elettricità, il fuoco e la luce. — Ipotesi di Nollet e di Jallabert per la spiegazione dei fenomeni elettrici. — Riassunto dei progressi della scienza elettrica nel secondo periodo (da Hawkesbee a Franklin).

I.

Al quadro da noi presentato delle sperienze, cui diede occasione la scoperta di Leida, dobbiamo ora aggiungere una dichiarazione sommaria delle ipotesi, che in quest'epoca si immaginarono, per la spiegazione dei fenomeni elettrici. Non sarà dopo ciò malagevole per il lettore lo stabilire un confronto tra queste e le epoche anteriori, per riconoscere come al progressivo moltiplicarsi dei fenomeni, sotto cui ci si presenta la elettricità, corrisponde eziandio una crescente vastità di concepimenti intorno alla natura, ed al modo di azione di questo singolarissimo agente imponderabile.

La scoperta accidentale ed impreveduta della boccia di Leida, oltre all'aggiungere nuovi fenomeni alla dottrina dell'elettricismo, amplificò notevolmente la intensità di quelli, che già sapevasi ottenere coi tubi e colle macchine elettriche: tra i quali vogliansi distinguere i fenomeni luminosi e calorifici. I primi già aveano fatto da Grey e da Dufay riguardare la luce elettrica come una luce veramente ignea, e non soltanto fosforica, siccome avevano creduto Wall e Hawkesbee; — i secondi confermarono la opinione d'una parentela tra i due ordini di fenomeni.

Ma quale rapporto, quale analogia esiste tra la luce elettrica e quella d'una sostanza in combustione? tra la luce elettrica e la luce stessa del sole? Nollet, in Francia, e Muschembroeck, in Olanda, fecero

tale questione argomento dei loro studi. — Il Nollet espose la sua dottrina in una memoria presentata, il 28 aprile 1745, all'Accademia delle scienze, intitolata: *Congetture sulle cause della elettricità*; e la riprodusse poscia nel *Saggio sull'elettricità*. Cerca egli di ridurre gli svariati fenomeni elettrici ad un solo e generale principio. Esaminando dapprima il fenomeno fondamentale delle attrazioni e delle ripulsioni, e confrontandolo con quello delle calamite, che attraggono e respingono altre calamite, secondo la natura dei poli che s'accostano, dichiara tra loro diversi l'elettricità ed il magnetismo e per la intensità degli effetti, e per la durata dell'azione; e perciò li ravvisa non dipendenti da una medesima causa.

Indipendenti del pari riconosce i fenomeni elettrici dalla forza di attrazione, che regola il moto dei pianeti, e unisce fra di loro le molecole dei corpi. Combatte per tal modo la opinione di coloro, che la elettricità, la coesione, ed il magnetismo riputavano specie particolari di attrazione, proprie cioè solamente di alcuni corpi.

Egli suppone che i fenomeni elettrici siano prodotti da un fluido in movimento, il quale trovasi fra il corpo elettrizzato e quello, che ne subisce l'azione: non potendo, egli dice, un corpo operare sopra un altro senza una sostanza intermedia, che ne traduca l'azione.

L'esistenza di questa sottilissima materia, che è cagione dei fenomeni elettrici, gli si manifesta in più modi: e nella sensazione, che si prova accostando la faccia o la mano ad un corpo elettrizzato; — e nella vivace scintilla e nel crepito, che l'accompagna, somigliante a quello del sale gettato sul fuoco, allorchè si accosta la nocca del dito a corpi fortemente elettrizzati; — e all'odor d'aglio o di fosforo, che emana dai medesimi; — e finalmente ai raggi luminosi, che si slanciano dai corpi elettrizzati in luogo buio.

Questa materia elettrica si fa manifesta ancora con altri effetti non meno sorprendenti: essa illumina, scuote ed abbrucia, appunto come il fuoco e la luce. Essa è dunque perfettamente analoga alla materia

del fuoco e a quella della luce. Questo giudizio egli conferma con le osservazioni seguenti:

1. Il fuoco non opera da sè, e senza previo eccitamento: e i corpi, che più facilmente sono infiammabili, non s'accendono tuttavia da se stessi. Uopo è che una causa particolare ecciti e svolga il principio di infiammazione, che in essi si trova. Ma di tutti i mezzi, atti ad animare questo principio, niuno ve n'ha più efficace e più pronto di quello stesso, onde s'ottiene l'elettrizzazione. I corpi diventano elettrici a quel modo, che si rendono caldi; cioè strofinandoli. Possono elettrizzarsi per comunicazione a quel modo, che può accendersi un corpo pel contatto d'un altro, che già sia acceso: ma è pur sempre necessario che il corpo, ond'ebbero la elettrica virtù, sia stato strofinato: press'a poco come la fiamma d'una candela viene originariamente da una scintilla, sprigionata dal fregamento oppure dalla percussione.

2. Il calore, che si eccita con lo strofinamento dei corpi, tanto più presto e più celeremente si svolge, quanto più denso è il corpo, o più elastiche sono le parti, onde è composto. Così i corpi, capaci di elettrizzarsi pel fregamento, acquistano più celeremente ed in maggior grado una tale virtù, se più rigide ne sono le parti, e meglio acconcie ad una viva reazione.

3. L'azione del fuoco si propaga più facilmente nei metalli, che in qualsivoglia altra specie di corpi solidi. Lo stesso avviene nello elettrizzamento dei metalli, in confronto degli altri corpi del regno animale e del vegetale.

4. Il fuoco, allorchè non trova ostacoli alla sua diffusione, si dissipa senza calore sensibile, e tutt'al più genera luce: ma se per contro gli è tolta la libertà del propagarsi vieppiù cresce per la forza, che del continuo lo anima; e gli effetti, che quindi produce, tanto più sono gagliardi, quanto maggiori pur furono le resistenze al suo libero trascorrimento. Non diversamente opera la elettricità. Una luce viva e tranquilla, a modo di lampo, si diffonde in un vaso vuoto d'aria, che

si elettrizza. Questa elettricità interiore non si manifesta più, come di solito, con crepiti e con scintille: e ciò probabilmente, dic'egli, perchè il vaso, vuotato d'aria, più non contiene che un fuoco elementare, purificato da ogni sostanza straniera. Questo fuoco, al menomo scuotimento che gli si comunica, tosto s'infiama, ma senz'altro effetto, che quello di risplendere nella oscurità.

5. La materia del fuoco, allorchè opera come luce, a giudicarne dalle leggi della rifrazione, si muove d'ordinario più liberamente in un mezzo più denso: La materia elettrica sembra ancor essa muoversi per più tempo, e scorrere più lontana nei corpi solidi, che si elettrizzano; come se l'aria circostante fosse per la medesima un mezzo meno facilmente permeabile. Onde il fluido elettrico esce dalle parti acuminate d'una sbarra metallica in maggior copia, che non da qualsivoglia altra parte.

6. Il movimento della luce, sia diretta oppure riflessa o rifratta, si trasmette a distanza con grandissima velocità. L'esperienza prova pure che la elettricità è nel propagarsi velocissima, semprechè scorra per mezzi capaci di trasmetterne l'azione.

7. La elettricità, come il fuoco, spiega la massima forza nei tempi freddi, quando l'aria è secca e assai densa: si snerva per contro, e quasi senza effetto si sperde nei grandi calori, e in aria umida.

8. La umidità è più nocevole ai corpi, che si vogliono elettrizzare per strofinamento, che non a quelli, cui vuolsi *comunicare* la elettricità. Una fune bagnata trasmette agevolmente la elettricità, e l'acqua stessa si elettrizza; ma un tubo di vetro non dà quasi indizio di elettrizzamento in aria umida, oppure se viene strofinato con corpi non secchi. Dal che risulta una nuova analogia col fuoco: infatti l'accensione, come la elettricità, non si genera da materie molto umide: ma, suscitata d'altronde, il calore, che ne è l'effetto, facilmente vi si comunica.

Dal complesso di questi fatti emerge la conclusione, che la materia costituente la elettricità è quella stessa del fuoco e della luce. —

Una materia, dice il Nollet, che abbrucia, che illumina, che ha tutte le proprietà comuni con quella, che infiamma i corpi, e che visibili a noi rende gli oggetti, potrebb'essere altra cosa che fuoco, o altra cosa che la luce medesima?

Non afferma tuttavia il Nollet, che la materia elettrica sia il puro e semplice elemento del fuoco, spogliato d'ogni altra sostanza. L'odore d'aglio o di fosforo, che essa fa sentire, la varietà dei colori più o meno vivi, or violetti, ora porporini, or bianchi secondo la natura dei corpi, onde sprigionasi, provano all'opposto che la materia elettrica, identica, al postutto, a quella del fuoco elementare o della luce, è unita a certe parti del corpo elettrizzante, o di quello elettrizzato, od anche del mezzo, pel quale trascorse.

In conclusione: secondo il fisico francese, un fluido imponderabile e sottilissimo è diffuso nell'universo, e raccolto eziandio fra gli interstizi dei corpi. Il quale, in diversa maniera agitato, ora scalda ed abbrucia, ora splende e rischiarà, e altra volta sospinge i corpi non elettrizzati verso quelli, che lo sono. Questo fluido egli chiama fuoco se, invadendo la materia, la dilata e la muta di stato, e luce lo chiama, se rapidissimo e rettilineo si propaga a distanza, e rischiarà gli oggetti così, da renderli visibili. Ma a quel modo che il fuoco eziandio rischiarà, e la luce non di rado infiamma, così la elettricità rischiarà a sua volta ed infiamma, come il fuoco e la luce: onde arguì che queste tre forze della natura avessero comune la origine, e dipendessero tutte da uno stesso principio (1).

II.

Le considerazioni, che il Nollet pose a fondamento della sua dottrina, non reggono tutte all'esame d'una critica assennata. I fenomeni, che a lui servono di prova e di sperimentale dimostrazione, esaminati

(1) Nollet. *Essai sur l'électricité*, parte III.— *Leçons de physique expérimentale*. XX leçon.— *Mémoires de l'Académie des sciences pour l'année 1745*.

con più diligenza e discussi senza idee prestabilite, gli avrebbero somministrato eziandio non pochi argomenti a distinguere l'una dall'altra le materie della elettricità, del fuoco e della luce.

Queste disparità non isfuggirono al Muschembroeck: il quale trattando della materia elettrica nel primo volume della sua *fisica sperimentale*, dice non doversi confondere col fuoco comune, e neppure col fuoco del sole. E, come il Nollet, egli enumera a sua volta, a conferma della propria opinione, una serie di fatti, che giova qui sommariamente ripetere.

1. Il fuoco penetra lentamente nei corpi anche meglio conduttori, quali sono i metalli: la elettricità per contro in un baleno li investe.

2. Il fuoco ordinario abbandona assai lentamente i corpi da lui invasi: la elettricità si dilegua con la stessa rapidità, onde vi penetra.

3. Il fuoco, benchè non intenso, riscalda i corpi soggetti all'azione sua: il che non si verifica per l'elettricità, comunque sia forte e copiosa. Portando la mano nell'atmosfera d'un tubo elettrizzato si sente bensì l'efflusso della materia elettrica, perciocchè si prova la impressione medesima, che si ha dal contatto d'una ragnatela; ma non si ha alcuno indizio di accresciuta temperatura.

4. La materia del fuoco, irradiata da' corpi caldi, penetra, senza distinzione, nei corpi circostanti; laddove la elettricità sceglie di preferenza i conduttori.

5. Il fuoco e la elettricità possono entrambi eccitarsi con un celere strofinamento: ma la percussione, ad esempio, riscalda nn metallo, ma non vale ad elettrizzarlo.

6. La fiamma, generata dal fuoco ordinario, termina in punta, e aderisce per la base alla materia, che le porge alimento, e a poco a poco la consuma. Così non è della materia elettrica: le irradiazioni luminose, che essa forma, aderiscono per la punta ai corpi, onde nascono, si fanno poscia divergenti, e nulla tolgono o consumano del corpo, cui sono aderenti.

7. Finalmente i corpi oleosi e resinosi servono d'alimento al fuoco ordinario, che li divide, li decompone, ed agevolmente li penetra: per contro siffatti corpi oppongono una forte resistenza alla penetrazione della materia elettrica.

Con lo stesso ordine prende il Muschembroeck a definire i caratteri distintivi fra l'elettricità e la luce; — e a giudizio di lui questi sono i principali:

1. La luce del sole si propaga in linea retta: la materia elettrica, negli spazi vuoti segnatamente, corre a zig-zag.

2. Si possono i raggi elettrici piegare in linee curve, il che non può ottenersi dalle irradiazioni luminose.

3. Raccogliendo alcuni raggi del sole, e per mezzo d'una lente dirigendoli in un foco comune, dove altri raggi pur si concentrino, per mezzo della riflessione, operata da uno specchio concavo, sia nel loro incontro, sia nel muoversi in opposta direzione non producono rumore di sorta, come avviene allorchè s'incontrano due irradiazioni elettriche, moventisi in senso contrario.

4. La luce del sole non trapassa i corpi opachi, ma, scorrendo sulla superficie dei medesimi, sensibilmente li riscalda. L'elettricità penetra facilmente tutti i corpi anelettrici.

5. La luce del sole, cadendo sui corpi, non svolge odore di sorta, neppure quando si accumula a mezzo d'uno specchio ardente sovra un corpo inodoro; laddove la materia elettrica spande un odore particolare e caratteristico.

6. Finalmente i raggi luminosi, ricevuti nella bocca, non affettano menomamente l'organo del gusto: mentre l'elettricità ne produce la impressione come d'un acido.

È ovvio lo scorgere che neppure tutti i caratteri differenziali, accennati dal Muschembroeck, fra le materie elettriche, ignee e luminose, possono accettarsi, come volgarmente si dice, senza beneficio di inventario. — Ma al postutto a noi basta il trarre la conseguenza, che,

dalle ricerche istituite in quest'epoca, risultano pressochè uguali nel numero e nel valore le analogie e le differenze tra le singole materie costituenti la elettricità, il fuoco e la luce.

III.

Ma qual è infine il modo d'azione dell'elettricità sovra i corpi? — Qualunque sia la natura dell'elettrica materia, come per virtù di essa si producono tanti e sì svariati fenomeni? — Come si possono, a cagion d'esempio, spiegare i movimenti di attrazione e di ripulsione dei corpi non elettrizzati verso quelli che lo sono?

Ecco la questione, che naturale e spontanea deriva dalle riflessioni precedenti. Ammettasi pure che la scintilla, e in generale l'elettricità, si lanci dai corpi elettrizzati verso i conduttori, che loro si presentano: si ammetta ancora che la materia elettrica formi attorno a questi corpi un'atmosfera, composta di raggi divergenti vieppiù col discostarsi dal punto, onde partono: con ciò noi possiamo bensì dar ragione dei movimenti di ripulsione dei corpi leggieri, supponendoli cioè trasportati dalla materia elettrica effluente dai corpi elettrizzati. Ma come spiegheremo il movimento, che precede la ripulsione, quel movimento di attrazione, che a tutta prima li domina, e li porta verso i corpi elettrizzati, prima d'essere respinti? Questi movimenti alternati, nei quali consiste il fenomeno fondamentale dell'elettricismo, queste attrazioni e ripulsioni altrettanta semplicità presentano in apparenza, quanta difficoltà racchiudono ad una spiegazione razionale: tant'è ch'essi furono lo scoglio fatale, cui ruppero tutte le dottrine elettriche dell'epoca, di cui discorriamo.

A spiegare questi fenomeni il Nollet immaginò la ipotesi delle *affluenze* e delle *effluenze opposte e simultanee*. — Egli cioè ammise bensì il moto progressivo della materia elettrica dall'interno del corpo elettrizzato all'esterno verso i corpi, che non lo sono: ma suppose altresì

un contrario e simultaneo movimento della materia elettrica da questi verso quello. Infatti, dice egli, se due persone, di cui una soltanto elettrizzata, si accostano vicendevolmente la punta d'un dito, provano entrambe la stessa puntura. — Inoltre i corpi conduttori non isolati, immersi nelle atmosfere elettriche, porgono indizi di elettrizzamento; e quelli circostanti ad un altro gagliardamente elettrizzato slanciano raggi di fuoco contr'esso, e senza interruzione, sino a che in lui non abbiano spenta la elettrica virtù. — Ora se, dal volgersi d'un anemometro, si giudica della direzione del vento, e similmente dalla velocità delle acque d'un fiume si argomenta del moto d'un battello, che sopra liberamente vi scorre: perchè non si potrà arguire del moto di un fluido invisibile dal movimento, che ei suscita nei corpi? — Perchè, nel caso concreto, se una verga metallica, spruzzata d'alcool, e accostata ad un globo di vetro strofinato, slancia verso il medesimo molta copia di esilissime gocciollette, perchè non si dirà esser questo l'effetto della materia elettrica, che esce dalla sbarra, e si precipita verso il corpo elettrizzato? La materia elettrica pertanto esce egualmente e dai corpi elettrizzati, e da quelli, che trovansi in istato naturale, ma in presenza di corpi elettrizzati.

Nollet distinse queste due correnti simultanee coi nomi di materia *affluente* ed *effluente*. — A dimostrare l'esistenza simultanea di queste due correnti istituì, fra le altre, la seguente sperienza, la cui prima idea è dovuta ad Hawkesbee. All'estremità del conduttore della macchina elettrica si fissi un'asta metallica terminante in una sfera, sulla cui circonferenza si attacchino fili di lino, di quattro o cinque pollici di lunghezza: altri fili parimente s'attacchino alla circonferenza inferiore d'un cerchio metallico, avente un piede almeno di diametro, e munito di manico, mercè cui si accosta alla macchina, per modo che il suo centro corrisponda alla sfericciuola metallica. Elettrizzando il conduttore veggonsi tosto i fili di questa drizzarsi, divergendo gli uni dagli altri: mentre si sollevano pure i fili del cerchio metallico, i quali,

in forma di raggi convergenti, si volgono alla sfera elettrizzata. Ecco pertanto due movimenti opposti, due direzioni contrarie, le quali suppongono una materia effluente dalla sfera, e al tempo stesso una materia effluente da tutta la circonferenza del cerchio metallico.

Suppose quindi il Nollet, che la superficie dei corpi elettrizzati presenti dei pori aperti in modo, che diano passaggio alla materia che esce, od *effluente*, ed altri a quella che entra, od *affluente*.

Stabili inoltre, per via della esperienza, che la materia elettrica, sia quella che emana dai corpi elettrizzati, come quella che essi ricevono dai corpi circostanti, è sottile per modo, che passa ne' corpi più duri e compatti, e realmente li penetra, non tuttavia indistintamente, nè tutti colla medesima facilità. — Le materie solforose, grasse, resinose, le gomme, la cera, la seta, ecc. non la ricevono e la trasmettono; oppure, ciò fanno in modo, quasi impercettibile. Tuttavia il riscaldamento e lo strofinio giovano assai a rendere queste sostanze meno impermeabili. — Più facilmente, e con maggior libertà, la materia elettrica si muove ne' metalli, nei corpi animali, nell'acqua, ecc., che non nell'aria stessa atmosferica.

Più cause, tra cui la densità dei corpi, il numero e la velocità dei raggi, che formano la corrente, concorrono a modificare la forza delle due correnti, e la superiorità dell'una sull'altra. In generale sembra che la materia effluente sia più rapida della affluente: sicchè, entrambe operando simultaneamente sopra un corpo, debbe la prima perdere, in proporzione, più forza dell'altra.

Con questa duplice corrente Nollet spiega i varii effetti meccanici, calorifici, luminosi e fisiologici della elettricità. Così egli dimostra le attrazioni e le ripulsioni, supponendo che le effluenze del corpo elettrizzato lascino dei vuoti, i quali vengono tosto riempiti dalla materia affluente dai corpi vicini, a quel modo, che un vaso bucherato ed immerso nell'acqua prosegue a riempirsi, comechè, a mezzo d'uno stantuffo, si estraiga quella che già lo riempie.

Quindi allorchè un corpo leggero trovasi immerso nella sfera di attività d'un corpo elettrizzato, egli è sollecitato al moto da due forze direttamente opposte l'una all'altra, le quali sono dall'un canto la materia effluente, e dall'altro la materia affluente. Egli pertanto o sta immobile, se le due forze si fanno equilibrio; ovvero obbedisce alla più forte delle due correnti, la quale soltanto lo muove con l'eccesso di sua intensità sovra quella della forza contraria: laonde i corpi leggeri, se maggiore è l'azione della materia affluente, saranno portati verso il corpo elettrizzato, e per contro saranno dal medesimo allontanati col prevalere della materia effluente.

Il fatto della attrazione, che la resina esercita su un corpo, che fu prima attirato e poscia respinto dal vetro; si spiega con l'ipotesi del Nollet nella maniera seguente: il corpo nell'accostarsi al vetro si elettrizza per comunicazione: perciò le sue effluenze incontrano quelle del vetro, e dall'urto delle medesime è cagionata la ripulsione. — Quanto alla resina strofinata essa è permeabile al fluido elettrico: ma le sue effluenze sono molto più deboli di quelle del vetro strofinato. Perciò le effluenze del corpo elettrizzato dal vetro, trovando minor difficoltà a penetrare la resina così strofinata, che non l'aria ambiente, questo corpo è portato verso la resina dalla materia affluente d'ogni parte alla medesima. — Che se poi la resina fosse o debolmente elettrizzata, o per contro lo fosse al massimo grado, in ambedue i casi essa respingerebbe il corpo, che pure il vetro respinge, dopo averlo attirato. Ciò avverrebbe, nel primo caso, perchè la resina sarebbe troppo poco permeabile al fluido elettrico, il quale esce dal corpo elettrizzato dal vetro; e nel secondo caso perchè la forza delle affluenze della resina eguaglierebbe quasi quella delle effluenze del vetro: donde la stessa facoltà nella resina di respingere il corpo eziandio respinto dal vetro.

IV.

La scoperta della boccia di Leida, presentando un fenomeno al tutto nuovo, e diverso dai già conosciuti, fece palese la imperfezione di tutte le ipotesi fin allora immaginate. Il Nollet si affrettò a salvare la propria dal naufragio, ond' erano colpite le altre (1). Egli nega dapprima che, nello esperimento di Leida, la materia elettrica abbia un movimento di traslazione. È questo, secondo lui, un semplice movimento di pressione, cagionato dall'urto delle correnti, che partono dalle due armature. Questo movimento si comunica di strato in strato alle particelle di materia elettrica, che si trovano nei corpi costituenti la catena di comunicazione delle due armature, a un dipresso come accade in una serie di sfere elastiche; nelle quali il moto della prima si comunica in breve tempo insino all'ultima, che sola si move e con la velocità stessa, con che sarebbesi mossa la prima, se libera fosse stata. — Con ciò egli stabilisce una differenza fra la commozione elettrica e la elettricità comune: quella è un urto o percossa istantanea, che le parti contigue della materia elettrica vicendevolmente si trasmettono, senza spostarsi; laddove negli effetti di questa chiaramente si riconosce, che la materia elettrica è animata d'un moto progressivo, che realmente la trasporta.

Raccogliendo quanto siam venuti finora esponendo intorno al sistema di Nollet, noi possiamo compendiarlo nelle proposizioni seguenti:

1. La elettricità è l'effetto d'una materia fluida, che si muove attorno, o dentro al corpo elettrizzato: essa è diversa dall'aria e dalla materia de' corpi; e forse è la stessa materia del fuoco e della luce, unita a qualche altra sostanza, d'onde trae l'odore particolare, che la distingue.

(1) Tra le ipotesi atterrate dalla scoperta di Leida, occorre appena di accennare la supposizione, accettata segnatamente da Boulanger, che il fluido elettrico sia costituito dalle parti sciolte e sottili dell'atmosfera, che si accumulano sulla superficie dei corpi elettrici, quando il fregamento ne scaccia le parti più grossolane.

2. Questo fluido è ovunque sparso, nell' interno de' corpi, e nell'aria che li circonda.

3. Eccitato e posto in azione si muove, per quanto può, in linea retta, e con moto progressivo.

4. È abbastanza sottile per penetrare attraverso tutti i corpi, anche i più duri e compatti. — Ma non li penetra tutti con la medesima facilità: più agevolmente i metalli, l'acqua e i corpi viventi: men bene il solfo, la ceralacca, le resine, la seta, salvo che questi corpi siano scaldati o strofinati. — L'aria è meno permeabile al medesimo, che i metalli, l'acqua, ecc.

5. Allorchè esce dai corpi con impeto nell'aria, sia desso visibile o non, si sparpaglia in getti divergenti.

6. Un corpo elettrizzato per strofinamento, o per comunicazione, slancia il fluido sovr'esso accumulato in raggi rettilinei nell'aria, o nei corpi vicini.

7. Finchè durano queste emanazioni, un'uguale materia è dai corpi circostanti slanciata, in forma di raggi convergenti, al corpo elettrizzato. — Questa materia non è fornita soltanto dall'aria, ma da tutti i corpi vicini, che si possono elettrizzare per comunicazione.

8. Queste due correnti opposte e simultanee non hanno uguale forza.

9. I pori, pe' quali il fluido esce dai corpi elettrizzati, non sono così numerosi, come quelli per cui rientra.

10. La materia, che esce dai diversi punti di un conduttore isolato più lontani dalla macchina elettrica, viene in gran parte somministrata da questa e dal corpo, che la strofina. — La materia poi, che d'ogni parte viene al conduttore isolato, passa in gran parte alla macchina ed al corpo strofinante; da cui poscia si diffonde nell'aria e nei corpi vicini.

11. I corpi elettrizzati per comunicazione perdono agevolmente la loro virtù pel contatto d'un altro corpo non isolato.

12. Il vetro elettrizzato per strofinamento, o per contatto, non si diselettrizza da sè; e può conservare l'elettricità per più tempo, che i conduttori ordinari (1).

V.

Nulla, a primo aspetto, di più semplice, che la ipotesi delle affluenze ed effluenze simultanee ed opposte: e forse, più che altro, questa apparente semplicità la rese accetta a parecchi fisici di quel tempo, tra i quali il Muschembroeck ed il Watson (2). Ma questi non tardò guari a riconoscerne la imperfezione, e quindi a rigettarla. — Non è fuor di luogo, nè senza importanza, il ricordare qui le esperienze, che condussero Watson ad accettare, e poscia a combattere l'ipotesi di Nollet.

1. Ponendosi egli sovra uno sgabello isolatore e strofinando un tubo di vetro, n'ebbe, contrariamente alla sua aspettazione, debolissimi segni di elettricità. — Così pure gli accadde con la macchina elettrica, allorquando e questa e l'uomo, che ne poneva in movimento la ruota, erano isolati. — L'elettrizzamento all'opposto si faceva maggiore, se, nel primo sperimento, una persona non isolata accostava la mano al tubo; e se, nel secondo, la persona isolata toccava con un piede il pavimento.

2. Osservò poi che, allorquando egli accostava la mano al conduttore della macchina elettrica, la persona, che la poneva in movimento, dava scintille vivissime e capaci di accendere sostanze infiammabili. — Cessava questi segni elettrici, semprecchè si togliesse la comunicazione tra il conduttore e il pavimento. Dai quali fatti egli dedusse, che i corpi strofinati non contengono la potenza elettrica in se stessi,

(1) Nollet. *Leçons de physique expérimentale*, XXI leçon. — *Essai sur l'électricité*, pag. 151.

(2) L'ipotesi delle correnti, di Nollet, fu pure accettata da Boze.

V. *Ricerche sulla causa e sulla vera teoria dell'elettricità*, 1745. Appendice pag. 44 e seg.

ma compiono solamente l'ufficio di motori, o, come egli dice, di determinatori di questa potenza: o conchiuse che, nel primo caso, il fluido elettrico si adunava dal pavimento allo strofinatore, e quindi al globo della macchina; e, nel secondo, era a questa somministrata dal conduttore.

L'analisi di questi risultati condusse Watson a stabilire che, in tutti i fenomeni attinenti all'elettricismo, v'ha un'affluenza di materia elettrica al globo ed al conduttore, alla quale corrisponde un'effluenza di identica materia nascente da questi corpi.— In tale opinione lo confermò il fenomeno da lui osservato, d'una fogliolina d'argento, che si teneva sospesa fra un disco elettrizzato, ed un altro disco comunicante col suolo. In proposito del quale egli dice: « Un corpo non può rimanersi sospeso in equilibrio, che per l'azione riunita di due forze di opposta direzione. Quindi, nel caso nostro, il soffio di fluido elettrico, proveniente dal disco elettrizzato, spinge la fogliolina verso il disco, che non lo è; e questo a sua volta, per mezzo del fluido che gli viene dal pavimento, e che lo trapassa, la respinge verso il disco elettrizzato. Di qui si vede che, la dose di fluido elettrico, proveniente dal suolo, è sempre in proporzione della quantità, che il globo ne slancia sul conduttore: altrimenti l'equilibrio, pel quale sta sospesa la fogliolina d'argento, non potrebbe aver luogo » (1).

In questo frattempo Watson conobbe le sperienze, istituite da Bevis a confermare il principio, che lo strofinamento non produce la elettrica materia, ma giova soltanto a condurla. Isolando egli, nel 1747, due persone, l'una per strofinare il globo, e l'altra per servire di conduttore, osservò che sia colui che strofinava, come quegli che toccava il globo elettrizzato, davano la scintilla; e toccandosi l'un l'altro, lo strepito della scintilla era più forte d'assai, che quando l'uno d'essi toccava altra persona non isolata. Fu allora che Watson

(1) Watson. *Expériences et observations etc.* Paris 1748, pag. 87 e seg.— *Phil. trans. abrid.* Vol X, pag. 303.

modificò la sua opinione: e spiegò quel fatto supponendo che la quantità di fluido elettrico, perduta da colui che strofinava, fosse data all'altro, che faceva le veci di conduttore; servendo il globo di corpo intermediario a questa comunicazione di fluido. Quindi, osserva egli, la elettricità della prima persona debbe essere più rada, che naturalmente non è; e più densa quella della seconda: tanto che le elettricità di entrambe tra loro differiscono in densità, di quanto la densità di una di esse differisce dalla elettricità naturale di altra persona non isolata, nè comunicante con la macchina (4).— Nelle quali conclusioni già si scorge un preludio delle scoperte di Franklin.

Il Nollet tuttavia sostenne, meglio che mai, che il principio delle correnti simultanee non è punto un sistema, bensì un fatto accertato dalla esperienza. Tant'è invero la influenza delle illusioni dell'amor proprio sovra i concepimenti di lui, che ogni sperimento, che istituisce, ogni fenomeno, che gli si oppone, a lui sembrano far testimonio della realtà di quelle correnti immaginarie: onde non poco si maraviglia come ciò, che per lui è un fatto evidentissimo, possa da altri essere contraddetto, o solamente rivotato in dubbio (2).

Ma per quanto valorosamente difesa dall'autore, ed appoggiata eziandio dal Muschembroeck (3), la ipotesi delle affluenze ed effluenze simultanee accennava alla prossima sua caduta, mostrandosi impotente a risolvere non poche difficoltà.

(1) *Phil. trans. abrid.* Vol. X, pag. 369.— Priestley. *Hist. de l'électr.* tom. I, pag. 214 e seg.

Watson, dichiarando, con una franchezza degna di chi cerca la verità, le ragioni, che lo indussero a mutar di opinione circa la ipotesi delle affluenze e delle effluenze della materia elettrica, da lui precedentemente ammessa, aggiunge queste parole: « Malgrado i notevoli progressi, che dà pochi anni abbiain fatto in questa parte della fisica, la posterità ci riguarderà tuttavia come novizi; noi dobbiamo pertanto, ogni volta che vi siamo condotti dai fatti, correggere tutte le conseguenze anteriormente dedotte, allorchè se ne presentano altre fornite di maggiore probabilità ».

(2) *Libes. Hist. phil. des progrès de la phys.* Vol. III, pag. 184.

(3) Muschembroeck. *Cours de phys. expér. traduit par Sigaud De Lafond*, 1769. Vol. I.

Invero senza tener conto del fatto, che dovrebbero elidersi nei loro effetti le due correnti, come naturalmente avviene a due fluidi, che si urtano procedendo da due contrarie direzioni; — ed accettando in proposito la osservazione di Muschembroeck, che possono le due correnti essere libere nei loro movimenti così, come passano, senza elidersi, i raggi di luce diretta in mezzo a quelli di luce, che già rimbalza da uno specchio, su cui subiscono la riflessione: — noi domandiamo soltanto come mai possa accadere, che i movimenti di attrazione de' corpi leggeri non siano che istantanei, mentre quelli di ripulsione sono permanenti? Eppure gli sforzi delle due correnti sono eguali, perocchè, siccome Watson osserva, è assolutamente necessario che la materia affluente e la effluente siano tra loro in equilibrio. Non può da un corpo *idioelettrico* sfuggire una quantità di materia maggiore di quella, che vi affluisce: e non può neppure arrivare a lui, e in esso rimanere, una quantità maggiore di quella, che ne esce; senza del che il corpo idioelettrico ne sarebbe al tutto sovrasaturato. Ma se questi sforzi sono uguali, se tra la materia affluente e la effluente v'ha giusto compenso, come mai lo stato di ripulsione è permanente, e istantaneo quello di attrazione? Come mai l'uno e l'altro di questi due stati possono aver luogo successivamente, e con tanta regolarità? Come mai un corpo respinto al di là, od almeno all'estremità della sfera d'azione della materia effluente, non vien tosto ricondotto al corpo elettrizzato dallo sforzo della materia affluente? — Queste sono altrettante questioni alle quali non sa rispondere la ipotesi delle correnti simultanee⁽¹⁾.

VI.

La scoperta di Leida rovesciò gli antichi sistemi: sulle rovine di questi tosto s'adoperarono i fisici a comporne de' nuovi. Ma il più tra essi ebbe vita breve così, come rapido ne fu il concepimento. —

(1) Sigaud De Lafond *précis historique etc.* pag. 87 e seg.

Laonde oziosa ed inutile divagazione sarebbe la nostra, se ci arrestassimo ad esaminarli. — D'uno tra questi tuttavia vogliamo far cenno; perchè abbraccia un ordine di idee, che in qualche modo s'accosta ai pensamenti della scienza moderna: del sistema di Jallabert, nel quale si attribuiscono i fenomeni della attrazione e della ripulsione elettrica all'etere Newtoniano.

Newton immaginò un fluido diffuso negli spazi dell'universo, elastico per modo da penetrare celeremente nei corpi, e fornito di tale tenuità e sottigliezza, in confronto alla densità dell'aria, da distribuirsi nei corpi in quantità proporzionata alla piccolezza dei pori; onde esso trovasi condensato nei corpi rari, e rarefatto in quei densi, — se si eccettuano i corpi solforosi e grassi, ne' quali è sempre più denso. — Suppose ancora attorno ai corpi un'atmosfera di etere, la cui densità è variabile, secondo la natura e la densità dei corpi medesimi.

A quest'etere Newton attribuì i fenomeni luminosi della riflessione, della rifrazione e della inflessione, e ne fece eziandio dipendere le elettriche azioni ⁽¹⁾.

Jallabert ⁽²⁾ accettò la dottrina di Newton, considerando i corpi siccome centri di vibrazione, dalle cui alternate contrazioni e dilatazioni son prodotte le attrazioni e le ripulsioni elettriche. — Per lo

(1) Newton. *Ottica*, questioni XIX, XX ecc. — Lettera di Newton a Boyle *ibid.* rag. Tom. XXXV.

(2) Giovanni Jallabert nacque a Ginevra nel 1712 e morì nel 1768, dopo avere, nella città natale, successivamente coperti gli uffizi di professore di fisica sperimentale, di matematica, di filosofia, e poscia di membro del piccolo Consiglio, e infine di sindaco della Repubblica.

Lasciò diverse opere, tra le quali tengono il primo posto le sue « *Expériences sur l'électricité* » stampate a Ginevra nel 1748 e a Parigi nell'anno successivo.

Già prima di lui molti fisici avevano scritto di elettricità. Tuttavia in quest'opera, se poco si aggiunge di nuovo, vi è con ordine e chiarezza raccolto tutto quanto già erasi scoperto a' suoi tempi.

Jallabert nella prima parte della sua opera comincia a discorrere dei vari modi di elettrizzamento, e dei corpi capaci di acquistare questa virtù per mezzo dello strofinamento o del calore. — Descrive i fenomeni delle attrazioni e delle ripulsioni, con cui si manifesta la elettricità nei corpi; e quindi i fenomeni della luce,

strofinamento non soltanto le particelle del fluido elettrico, ma le molecole stesse ponderabili ricevono, in grazia della loro elasticità, un movimento simile a quello di corda tesa e pizzicata: la quale imprende a vibrare in complesso così, come nelle parti aliquote di sua lunghezza. Per tale movimento la materia elettrica, discacciata dai pori del corpo, si va scostando per onde, le quali, quanto più si allontanano, tanto più si condensano per la resistenza del fluido elettrico, che è nell'aria circostante. — Si forma per tal modo tutto all'intorno del corpo strofinato un'atmosfera elettrica, di densità crescente dal centro alla circonferenza.

Debbe quindi avvenire pei corpi leggeri, posti a qualche distanza da un corpo elettrizzato, quello stesso che accade ad un corpo, il quale a forza si affondi in un liquido, di densità crescente dalla superficie verso il fondo del vaso: questo corpo, appena libero di sè, si trasporta negli strati superiori meno densi. Così ancora i corpicciuoli, posti sulla circonferenza dell'atmosfera elettrica, vengono sospinti verso il corpo elettrizzato. — Ma siccome la resistenza del fluido elettrico dell'aria condensa a sua volta, e sospinge la elettricità, che l'attraversa, quindi è che la materia elettrica, per l'equilibrio, ritorna verso il corpo strofinato, e attorno ad esso si condensa, onde i corpicciuoli, che già furono avvicinati, sono ancora per legge idrostatica rimandati a distanza, e così si continua l'alterno movimento.

che viene prodotta dai corpi elettrici per se stessi e da quelli elettrizzati per comunicazione: accenna per questi ultimi le condizioni meglio acconcie all'elettrizzamento e agli effetti, che da questo elettrizzamento derivano, sugli esseri viventi, animali e vegetali. — Studia poscia la questione della permeabilità de' corpi per l'elettrico, ed esamina, in tutte le sue particolarità, lo sperimento di Leida. — Chiude infine la serie delle sue esperienze col giornale della cura elettrica istituita sovra un paralitico.

Nella seconda parte Jallabert espone le sue congetture sulla causa dell'elettricità. Stabilita la ipotesi di un fluido sottile ed agitato intorno ai corpi elettrizzati, il quale attira verso i medesimi e poscia allontana i corpi leggeri, egli cerca di dare con essa la spiegazione di tutti i fenomeni elettrici descritti nella prima parte dell'opera.

L'attrazione pertanto e la ripulsione elettrica sono cagionate dalle alterne contrazioni e dilatazioni del fluido, sprigionato dallo strofinamento dei corpi, e condensato dalla reazione del fluido elettrico dell'aria circostante ai medesimi.

Di qui è agevole il distinguere le ondulazioni del fluido elettrico da quelle dell'aria, nella propagazione del suono. Queste compiendosi in un mezzo uniforme, ed ugualmente denso presso alla superficie della terra, devono necessariamente propagarsi a grande distanza, e divenire progressivamente più deboli, col discostarsi dal centro fonico; mentre il fluido elettrico, emesso dal corpo strofinato, discostandosi si condensa, per la resistenza del medesimo fluido più denso, che circonda il corpo; sino a che, perduto affatto il movimento, il fluido sparso nell'aria lo obbliga, riducendosi alla primitiva densità, a ritornare verso il globo.

A rendere ragione del fatto, che all'attrazione primitiva dei corpi leggeri succede una ripulsione permanente, Jallabert suppone che i medesimi, nello avvicinarsi al corpo elettrizzato, acquistino intorno a sè un'atmosfera elettrica, per cui più non ritornano al corpo, onde la ebbero, se prima non siano spogliati della elettricità, o gradatamente pel contatto coll'aria, o d'un tratto per mezzo d'un corpo conduttore, che ad essi si accosti. — Questo precipitarsi dei corpi leggeri elettrizzati sovra un conduttore, avvicinato ai medesimi, dipende da che l'atmosfera elettrica, abbandonando que' corpi, per raccogliersi intorno al conduttore, seco li trasporta; a quel modo, che la vena fluida, sgorgante da un vaso, seco travolge i corpuscoli natanti nell'acqua.

VII.

Nella opinione di Jallabert il calore giova all'elettrizzazione dei corpi, perchè ne accresce la elasticità: a misura della quale, congiunta, ben inteso, col grado di densità della materia elettrica, egli

crede elettrizzabili tutti i corpi. — Quindi i fluidi, e i corpi molli non si elettrizzano perchè inetti, secondo lui, a concepire un movimento vibratorio. — E i metalli nei quali, per la molta compattezza, il fluido elettrico è relativamente assai rado, non possono, comunque riscaldati o strofinati, emetterne tanta copia, da formarsi allo intorno una sensibile atmosfera elettrica. Essi invece facilmente si elettrizzano per comunicazione, perocchè possedendo naturalmente poco fluido, oppongono una minima resistenza alla materia elettrica, che dall'esterno loro proviene. Laddove i corpi vitrei e resinosi, già contenendo in sè molto fluido, oppongono molta difficoltà alla penetrazione del fluido esterno; epperò debolmente si elettrizzano per contatto. Fanno eccezione a questa regola i corpi resinosi e solforosi, i quali, benchè meno elastici di altri, godono tuttavia di maggior virtù elettrica: forse perchè racchiudono in sè in maggior copia la materia del fuoco, con la quale ha l'elettricità un'intima analogia.

La propagazione del fluido elettrico è più facile nei metalli, e più lenta nei corpi meno densi; perciocchè esso non scorre sulla superficie de' corpi, ma penetra nella loro propria sostanza. Perciò nei metalli che in sè racchiudono poco fluido naturale, trova il fluido esterno minor ostacolo al suo movimento; nei corpi radi all'opposto, più ricchi di elettricità, la resistenza è maggiore, e quindi più lenta ne è la propagazione.

La differenza dei fenomeni elettrici, presentati dai corpi vitrei e dai corpi resinosi, non dipende da una diversa specie di fluido, che si svolga sovr'essi, siccome vuole Dufay, sibbene dalla diversa facilità, con cui questi corpi emettono il fluido elettrico. I corpi vitrei sono più elastici che la resina e l'ambra, e questa loro elasticità è molto aumentata dal calore dello strofinamento: mentre questo calore è nocivo alla elasticità dei corpi resinosi. Quindi il fluido elettrico è lanciato con maggior forza dai corpi vitrei, che non dai resinosi (1).

(1) Jallabert. *Expériences sur l'électricité*, pag. 137 e seg.

Esaminando i fenomeni luminosi dei corpi elettrizzati, egli trova una sì grande analogia tra ciò, che produce la elettricità, e ciò che è generato dalla luce, dal calore e dal fuoco, che egli giudica assai verosimile la opinione di coloro, che assegnano una sola e medesima causa a questi differenti fenomeni. Questa analogia gli accenna, per lo meno, un intimo rapporto tra le materie sottili, che sono causa della luce e del fuoco, e quella onde nasce la elettrica virtù; poichè le stesse operazioni le mettono in movimento; e la facoltà di illuminare, e spesso ancora di accendere le materie combustibili accompagna sempre quella di attirare e di respingere, allorchè intensa è l'elettricità (1).

Questi sono i canoni principali dell'ipotesi di Jallabert (2): la quale, tuttochè ingegnosa, non si adatta alla spiegazione di tutti i fenomeni elettrici già conosciuti. Per tacere d'altro, basti il dire che alla medesima si può muovere la stessa obbiezione, già fatta a quella di Nollet, che cioè al primo moto di attrazione dei corpi leggeri dovrebbe precedere il moto di ripulsione. Nè d'altronde chiaramente apparisce quale sia il modo d'azione dell'atmosfera elettrica avviluppante i corpi (3). Al postutto la ipotesi di Jallabert fu soverchiata da quella di Nollet. Ma fu breve eziandio il trionfo di quest'ultima, dimenticata a sua volta, appena si conobbero le prime scoperte di Franklin.

VIII.

Laborioso per la natura delle ricerche, e tuttavia fecondo di non pochi risultamenti favorevoli al progresso della scienza, fu il periodo, che iniziato da Hawkesbee, finisce alla metà del secolo XVIII.

(1) Jallabert, id. pag. 220 e seg.

(2) Poco dissimile da quella di Jallabert è la ipotesi di Wilson. Egli pensa che i fenomeni elettrici siano principalmente prodotti dall'etere, il quale è più o meno denso ne' corpi, secondo la più o meno grande loro combustibilità.

Wilson's. *Dissertation*, pag. 5.

(3) Nollet. *Lettres sur l'électricité*, parte II, lettera XI.

A coglierne in complesso la fisionomia giova qui presentare, come in un quadro, la serie dei maggiori fatti sperimentali, definitivamente conquistati alla scienza, e riassumere in poche parole i pensamenti dei fisici intorno all'essenza ed al modo di azione dell'agente misterioso, da cui dipendono i fenomeni elettrici.

Poco ereditò questo periodo dal precedente:— chè appena s'era a que'tempi osservato, che all'attrazione dei corpi leggeri succede la ripulsione, e s'era intraveduto solamente sullo scorcio del secolo che i corpi, strofinati in luogo scuro, emettono luce accompagnata da lieve rumore.— Proseguendosi lo studio della elettrizzabilità dei corpi, incominciata da Gilbert, e continuata dagli accademici del Cimento, da Guericke e da Boyle, si riconobbe che lo strofinamento non solo, ma eziandio il riscaldamento è causa di elettrizzamento nei corpi. Ma e l'azione meccanica dello strofinio, e la fisica del riscaldamento non producono già per sè lo stato elettrico nei corpi: ma soltanto giovano ad eccitarlo e promuoverlo.— Non tutti i corpi si giudicarono capaci di ridursi in tale stato: onde furono dapprima divisi in elettrici e non elettrici; e tale divisione si conservò poscia col nome di *idioelettrici* dato ai primi, e di *anelettrici* imposto ai secondi. Ma tosto apparve che gli anelettrici erano atti a propagare e trasmettere a distanza il fluido svolto per istrofinamento sui corpi, coi quali erano in contatto, e che appunto per tale facoltà non erano elettrizzabili, se prima non si fosse, a mezzo di corpi isolanti, impedita la dispersione del fluido elettrico.— Dal che si dedusse la elettrizzabilità di tutti i corpi: *diretta* per alcuni, ossia per azioni meccaniche o fisiche, cui poteansi sottoporre; *indiretta* per altri, ossia mercè la comunicazione loro coi corpi direttamente elettrizzabili. Così avvenne la prima elettrizzazione dei metalli, dell'acqua e degli animali: i quali potevansi tuttavia *direttamente* elettrizzare, semprecchè fossero stati previamente isolati.

Da questi fatti si argomentò ancora della generalità d'azione del fluido elettrico e della sua universale diffusione nei corpi.

I fenomeni luminosi, ai quali, tuttochè osservati, non erasi volta l'attenzione dei fisici del secolo precedente, vengono sottoposti a più diligente esame: si traggono da corpi diversi, si producono nell'aria e nel vacuo, sovra i corpi strofinati, e sovra altri, che semplicemente si accostano a corpi elettrizzati.— Questi effetti si ravvisano dapprima identici a quelli del fosforo in luogo buio: ma allorchè si vide balenare dal corpo umano la scintilla, e specialmente quando di questa si sperimentarono gli effetti calorifici, si vagheggiò la ipotesi della identità della luce elettrica, del fuoco e della luce ordinaria. — Più tardi poi si studiarono le analogie e le differenze di questi tre imponderabili.

A produrre lo svolgimento del fluido elettrico si ricorse dapprima ai tubi di vetro già adoperati da Gilbert: si richiamò quindi in uso la macchina elettrica di Guericke, la quale ricevette notevoli miglioramenti, onde più copioso e più facile divenne lo sprigionamento del fluido elettrico.

Frattanto lo sperimento di Leida condusse i fisici alla costruzione degli apparati condensatori. — Da questo punto si allarga il campo delle ricerche elettriche, e col crescere del numero degli sperimentatori si moltiplicarono eziandio le scoperte.— Si studiarono gli effetti diversi meccanici, fisici e fisiologici della scarica elettrica.— Si riconobbe la grandissima velocità di sua propagazione nei corpi conduttori.— Si istituirono sperienze per determinare l'influenza, che la elettricità esercita sulla evaporazione, sulla vegetazione e sulla traspirazione degli animali. Ricerche erano queste di natura assai complessa; onde malagevole compito riuscivano per quei tempi, in cui la fisiologia era uscita appena dalla infanzia. — Nè guari più facile si presenta la risoluzione di questo problema alla scienza de' tempi nostri, tuttochè notevolmente progredita.

Lo scuotimento, che gli animali ricevono dalla scarica, tanto gagliardo da cagionare la morte, suggerì la idea di applicare l'azione

fisiologica della elettricità, come mezzo terapeutico nella cura delle malattie: e quantunque i primi sperimenti non abbiano condotto a risultati positivi, tuttavia, intorno alla efficacia della cura elettrica in determinate malattie, si trassero conseguenze consone a quelle della scienza moderna.

Si volle pure altramente applicare la elettricità come mezzo terapeutico indiretto: giovandosi cioè della facoltà meccanica della medesima di trasportare nella sua corrente le materie ponderabili. Dubbio, ed anzi nel più dei casi negativo, si riconobbe l'esito del nuovo metodo curativo, il quale fu quindi abbandonato: ma la scienza elettrica del secolo nostro lo rivendicò dall'ingiusta dimenticanza, a cui l'infelice riuscita dei primi saggi l'aveva condannato.

Queste ultime ricerche, per quanto si vogliano giudicare destituite d'intrinseco valore, hanno tuttavia il merito non ispregevole di avere iniziato la fase nuova e luminosissima della elettricità applicata.

IX.

Non meno de' fatti sperimentali si moltiplicarono le teoriche speculazioni, verificandosi ancora per l'elettricità, ed in questo secolo, ciò che Nollet disse in generale per la fisica: che cioè « per oltre venti secoli essa non fu che un accozzamento di sistemi, appoggiati gli uni sugli altri, e spesso opposti fra loro. Ogni filosofo credendosi in diritto di elevare un tale monumento alla sua memoria, cercò di fondarlo sulle rovine di quelli, che lo precedettero: i quali esempi, tante volte rinnovati, non furono i meglio acconci a porre in credito le opinioni dei filosofi » (1).

Infatti nella elettricità molte eziandio furono le ipotesi, che a brevi intervalli, per non dire ad un tempo, si succedettero.

(1) Nollet. *Leçons de physique expérimentale*. Prefazione.

Fu a queste creazioni fantastiche specialmente propizia l'epoca immediatamente successiva alla scoperta di Leida. Colpiti dal maraviglioso dei fenomeni osservati, non seppero alcuni fisici resistere al desiderio di conoscerne le cause. La difficoltà di conciliare e di ricondurre ad una sola cagione tanti fenomeni svariati, non meno che numerosi, ed eziandio in apparenza tra loro sconnessi, non li scoraggiò. — Ma il tempo fece tosto ragione di quelle quasi passeggiere meteore della scienza: chè le più tra le ipotesi allora immaginate ebbero vita sì breve, che neppure francava la spesa che fossero nate. — Ebbero altre per contro gli onori della discussione: e talune, più o meno profondamente modificate dappoi, continuano, per mancanza di meglio, ad aver posto nella scienza dei nostri tempi.

La ipotesi delle emanazioni untuose cedeva il campo a quella degli effluvi elettrici, che supponevansi sprigionati per lo strofinamento, e per la reazione dell'aria rimandati verso il corpo elettrizzato: attribuendosi così all'aria un ufficio, contraddetto dai molteplici fenomeni della elettricità nel vacuo.

Col crescere la serie dei fatti, cominciarono i fisici a riunire in date proposizioni le proprietà più generali del fluido elettrico. E, senza pretendere alla conoscenza delle cause fisiche primordiali della elettricità, rivolsero la loro attenzione a dati fenomeni, i più notevoli, e questi posero a fondamento dei loro sistemi; attorno ai medesimi raccogliendo i fenomeni secondari. Con ciò semplificavano la scienza e spianavano la via ad ulteriori ricerche.

Ai sovraccennati caratteri specialmente si informa la distinzione dei due fluidi elettrici, e la legge, ai medesimi relativa, dell'attrazione dei corpi oppostamente elettrizzati, e della ripulsione di quelli carichi di omonimo fluido. Poteva accettarsi quest'ipotesi, e con vantaggio della scienza, ma nol fu.

Alcuni fenomeni di luce, di commozione, di scuotimento dell'aria parvero accennare visibilmente ad un fluido, sprigionantesi ad un

tempo dai corpi strofinati, ed eziandio dai corpi vicini. Laonde si immaginò che gli effetti di attrazione e di ripulsione dipendessero da due correnti simultanee ed opposte, effluente l'una dal corpo elettrizzato, effluente l'altra dai corpi circostanti ed affluente al medesimo.

Altri invece suppose i fenomeni elettrici prodotti dalle alterne contrazioni e dilatazioni di un fluido, forse identico nella materia al fuoco e alla luce, ed elastico come l'etere immaginato da Newton a spiegare i fenomeni termici e luminosi.

Frattanto il nuovo periodo, che s'incomincia con la seconda metà del secolo XVIII, trovò ancora divise le opinioni degli elettricisti. Ma già si argomenta che quantunque ognuna fra esse, e quella segnata-mente delle correnti simultanee, conti di abbattere le rivali, colla speranza di riuscire padrona del campo, tuttavia niuna arriverà a cattivarsi l'universale favore, poichè tutte insufficienti si riconoscono a dar ragione del complesso dei fenomeni elettrici.

X.

Allo incremento della scienza elettrica, in questo periodo, si adoperarono maggiormente fra gli inglesi Hawkesbee, Grey, Watson e Wilson; fra gli olandesi e germani Muschembroeck, Winkler, Gordon e Boze; tra i francesi Dufay e Nollet; ed il ginevrino Jallabert.

Ma negli ultimi dieci anni di questo periodo, che furono eziandio i più fecondi per la scienza elettrica, il Nollet sta innanzi a tutti i contemporanei sovraccennati, e per numero ed importanza di ricerche istituite, e per zelo nel diffondere la conoscenza di nuovi fenomeni; — nè occorre che qui si ricordi quanto egli abbia operato, perchè ognuno vegga la ragionevolezza d'un tale giudizio. — Bensì è debito nostro lo aggiungere la dichiarazione: che meglio avrebbe il Nollet provveduto alla propria fama, e presso i contemporanei, e al cospetto della posterità, se al desiderio del progresso della scienza, ch'ei sentiva vivissimo, non avesse congiunto un amore eccessivo, e

diremmo quasi geloso, alle speculazioni della propria mente. Chè se il primo gli giovò a farlo valente sperimentatore, e a meritargliene il nome, altrettanto gli nocque il secondo, col fargli velo al giudizio nella ricerca della verità, e nella disamina delle opere altrui.

Primo tra gli sperimentatori del suo tempo, tale eziandio volle essere il Nollet nella parte speculativa della scienza e non vi riuscì. La ipotesi da lui immaginata a spiegare i fenomeni elettrici, accolta dapprima con favore, venne poscia abbandonata, perchè insufficiente.

Watson, che fu quant'altri mai accurato sperimentatore di cose elettriche, e nel tempo stesso diligente indagatore delle cause di tali fenomeni, con uua franchezza, che gli torna ad onore, respinge la ipotesi delle correnti simultanee da lui precedentemente ammessa, e nel respingerla ne dichiara le ragioni. — Hawkesbee e Dufay, studiando dapprima i risultati delle sperienze in particolare, e mettendoli poscia a confronto, per combinarli razionalmente fra loro, e trarne un principio o legge, con cui spiegare poscia i risultati medesimi, creano un'ipotesi: ma essi non pretendono alla infallibilità, e presentano i loro giudizi soltanto come probabili. — Jallabert anch'esso, uomo di perspicacissimo ingegno, e di non comune perizia nello sperimentare, non si discosta da siffatti esempi.

Duele per contro al Nollet che altri abbandoni la ipotesi sua, la quale ai proprii occhi non è punto un sistema, bensì una vera teoria, avvalorata dai fatti, e fornita di tutti i caratteri, necessari a renderla tale (1). E manifestamente violando i principii che egli inculca ne' suoi scritti, e la cui osservanza raccomanda agli studiosi delle naturali

(1) Crediamo opportuno di riferire qui alcune parole con cui il Nollet giudica la propria ipotesi.

«La osservazione dei fenomeni elettrici e specialmente luminosi, mille e mille volte fatta, in trent'anni da che elettrizzo, mi fa dire con sicurezza, che le frangie o spruzzi luminosi sono correnti di materia elettrica, che effluiscono dai corpi accostati al globo strofinato. Ciò a me pare d'una tale evidenza, che io me ne appello alla decisione di quanti vogliono portarne giudizio da se stessi, dopo averne esaminate le sperienze. Senonchè il fatto, di cui si tratta, è contrario ad un sistema

discipline, nulla più vede, che per mezzo della vagheggiata teoria; alla quale subordina, a modo suo, tutti i nuovi sperimenti, che s'istituiscono, ed i fatti, che si deducono. — Quanto poi accarezza le proprie idee, altrettanto esagera nel combattere le altrui. Stanno a prova di ciò le lettere da lui scritte intorno all'ipotesi d'un fluido solo, immaginata da Franklin, ed alle scoperte da esso fatte. Chiunque legge la prima soltanto e la quarta di quelle lettere, indirizzate al Franklin medesimo, cade tosto d'accordo con noi nel giudizio che portiamo dell'autore (1).

Del resto ad avvalorare questa sentenza concorrono tra gli altri Priestley (2), Beccaria (3) e Libes (4). Questi disse del suo compatriota: « che se il merito d'un uomo si dovesse giudicare dalla fama ch'ebbe vivendo, e dal numero di edizioni delle opere che ei pubblicò, non avrebbe persona maggior diritto del Nollet alla riconoscenza, e forse anche alla ammirazione dei posteri. Ma è forza confessare che egli mai non servì meglio la scienza della natura, che con lo zelo nel renderla popolare. Le sue lezioni orali gli attirarono numerosi discepoli, e talvolta ammiratori. Le sue lezioni scritte non ebbero che un successo momentaneo. Forse le avrebbe il tempo rispettate, se Nollet avesse alle medesime impresso un andamento più vigoroso e più rapido; s'egli avesse saputo maneggiare con egual destrezza la speranza, l'osservazione ed il calcolo, questi tre istrumenti, che Newton aveva riuniti e che Desaguliers, S'Gravesande e Muschembrock facevano servire, con tanto vantaggio, allo studio ed all'avanzamento della fisica ».

di elettricità, che alcuni tuttora si adoperano a sostenere; e senz'altro lo si nega, affermando che le frangie luminose hanno una direzione opposta a quella, che io attribuisco alle medesime, e che esse sono unicamente composte dalla materia elettrica, che esce dal globo per lanciarsi sui corpi vicini.

V. Nollet. *Leçons de physique expérimentale*, tom. VI, pag. 363.

(1) Nollet. *Lettres sur l'électricité*, partie I, lettere II e V.

(2) Priestley. *Hist. de l'élect.*, tom. II, pag. 474 e seg.

(3) G. B. Beccaria. *Dell'elettricismo naturale ed artificiale*. Torino, 1753, pag. 144 e seg.—Id. *Institutiones de re electrica*, n. 24.

(4) Libes. *Hist. phil. des progrès de la phys.* tom. III, pag. 160 e 184.

PERIODO TERZO.

PROGRESSI DELLA SCIENZA ELETTRICA NELLA SECONDA METÀ DEL SECOLO XVIII.

SEZIONE PRIMA.

Scoperte di Franklin. — Teoria di un fluido solo da lui immaginata e confermata con l'analisi della boccia di Leida. — Distinzione dei corpi in buoni e cattivi conduttori dell'elettricità. Ricerche relative alla diffusione del fluido elettrico nell'interno ed all'esterno dei corpi, ed alla impenetrabilità del vetro per esso. — Esperienze di Kinnersley sul diverso elettrizzamento del solfo e del vetro, e sugli effetti calorifici della scintilla. — Opinioni dei filosofi anteriori a Franklin intorno alla natura del fulmine. — Congetture di Nollet e di Franklin intorno all'identità della scintilla e del fulmine; analisi e comparazione degli effetti di questo e di quella. — Sperimento proposto da Franklin per esplorare il fuoco delle nubi temporalesche. Risultati delle sperienze istituite in Francia e in America. — Variazioni nello stato elettrico delle nubi. — Potere delle punte. Costruzione dei parafulmini.

I.

Non di rado i sistemi, osserva Desmarests (1), invece di giovare alla scienza ne ritardano i progressi, confondendo troppo spesso le idee astratte con le verità di fatto, combinando le rivelazioni della natura con le creazioni dell'immaginazione e della fantasia. Non sono tuttavia inutili i sistemi, servendo essi a render facile la coordinazione dei fatti

(1) V. Discorso d'introduzione all'opera di Hawkesbee « *Expériences physico-mécaniques traduites de l'anglais par Brémont etc.* 1754.

e dei fenomeni che appartengono alla scienza: sono anzi talvolta necessari siccome preparazione alle teorie, alle quali difficilissimo è che la scienza possa arrivare di primo slancio. La utilità e la necessità loro emerge dalla semplice considerazione, che se la filosofia si arricchisce d'esperienze, queste a loro volta abbisognano della filosofia per essere interpretate. Senza del che (e già altrove l'abbiam detto) la massa delle sperienze e dei fatti, tra loro sconnessi e non sottoposti a combinazioni razionali, non formano scienza: e in generale ogni grande classe di fenomeni diviene l'oggetto di una nuova scienza, allora che il mondo dei fatti, che la costituiscono, si riflette nel mondo delle idee (1).

Ma perchè un sistema aggiunga il fine per cui lo si crea, e valga a dar ragione de' fatti, a misura che si presentano alle nostre ricerche, debb'esso aver radice ne' fatti medesimi; e da questi dimanare per logica deduzione. — Deve perciò lo spirito sistematico applicarsi all'esame dei singoli fatti, per coglierne quindi i rapporti vicendevoli e le reciproche combinazioni, e condursi, per analogie razionali e concatenate, a nuove scoperte. Ben diversa è la via, per la quale procede il volgare spirito di sistema; il quale è perciò altra cosa dallo spirito, che diciamo sistematico.

Lo spirito sistematico sa ravvicinare i fatti sparsi e slegati per formare un tutto; e, nello stabilire la concatenazione dei fenomeni, fa camminare di pari passo il ragionamento e la sperienza. Ben lungi pertanto dal preferire le sue decisioni a quelle della natura, egli crede reale solamente ciò, che da lui è veduto, discusso ed eziandio misurato. Sagace e ad un tempo di se medesimo diffidente, studia, ricerca e medita, presentando una descrizione particolareggiata dei fatti, e confortandoli con opportune osservazioni; e da ultimo espongono i risultati delle proprie indagini non come sentenze inappellabili, ma come dubbi ragionevoli, attorno a' quali è primo ad invocare la

(1) Humboldt. *Cosmos*. Vol. I, pag. 428.

discussione della scienza. — Per contro lo spirito di sistema si annunzia da principio con le apparenze d'un desiderio sincero di consultare la natura, di piegare la mente alla logica de' fatti, e di sacrificare a questa le idee preconcelte, le quali a tutta prima non osa esporre che come supposizioni possibili. Ma in conseguenza delle illusioni, che fa a se stesso, ei s'immagina che là, dove mancano cause sensibili, sia necessario il ricorrere a cause nascoste, *fabbricando una ipotesi*. Afferra pertanto tutto che può, nell'esame dei fenomeni, servire al suo scopo. Scorge a mezzo una qualche analogia: egli l'amplifica e la generalizza: ecco i primi passi dello spirito di sistema. Ma quando l'ipotesi ha cominciato a pigliar forma, ei nulla più vede che attraverso alla medesima. Le nuove scoperte che si fanno, non subordinate al sistema, o tali da scuoterne le fondamenta, vi son ricondotte e giudicate *ex cathedra*. Infine lo spirito di sistema giunge per gradi sino a presumere che egli può tutto vedere, perch'egli crede tutto indovinare: chiude gli occhi a tutto ciò che può illuminarlo, e, concentrato in se stesso, o nel circolo angusto della sua ipotesi, vuole di là regolare le operazioni della natura.

Queste riflessioni occorrono alla mente di chi voglia per poco mettere a confronto i lavori, de' quali testè fu discorso, con quelli del nuovo periodo, che si inaugura dalle scoperte di Franklin (1). Chè non sono queste altrimenti il prodotto di una immaginazione, che nella contemplazione dei fenomeni a un tratto si accenda del desiderio di indovinarne le cause, e scuoprire a prima giunta il misterioso

(1) Beniamino Franklin nacque a Boston in America il 17 gennaio del 1706, e morì a Filadelfia il 17 agosto del 1790.

Niuno v'ha, che ignori le principali vicende della operosissima vita di Franklin, e segnatamente la parte attivissima da lui sostenuta nella emancipazione dell'America dal dominio inglese. — Noi qui aggiungiamo solamente che egli altrettanto si rese benemerito della scienza quanto lo fu dell'umanità: poichè le scoperte di lui relative al calorico, e quelle specialmente dell'elettricità, di cui ragioneremo diffusamente, lo fecero, per unanime consenso, annoverare tra i maggiori filosofi e riformatori della scienza del secolo decimottavo.

procedimento, che la natura adopera nel suscitarli. Esse anzi sono figlie di una mente lucidissima, e per lunga consuetudine esercitata nell'osservare, nel riflettere e nel comparare. — Al Franklin, tuttochè appena iniziato ne' fisici studi e nato in paese, cui quasi estranea era a que' tempi la cultura delle scienze, bastò la narrazione de' fenomeni da altri osservati, e un semplice tubo, con cui ottenerli a sua volta, perchè in lui si eccitasse la scintilla del genio. E invero i primi sperimenti, istituiti in America, già rivelano fatti non peranco osservati in Europa⁽¹⁾. — Egli inoltre i fatti già conosciuti ripetendo, di maggiore chiarezza li riveste, e tutti poscia li raccoglie e coordina con una nuova ipotesi, che, suggeritagli dall'attenta osservazione de' primi fenomeni, gli viene poscia confermata da' successivi sperimenti, e soprattutto dall'analisi della boccia di Leida.

Frattanto la sfera dello intelletto suo si amplifica a misura che nuovi fenomeni gli si parano allo sguardo. La elettrica scintilla, e il rumore che l'accompagna, affini veramente gli paiono al fulmine ed al tuono, che si producono nelle regioni dell'aria; quasi fossero generati da un medesimo fuoco, che con strepito vario e con diversa intensità si sprigiona dalle nubi e dai corpi strofinati. — A chiarire il dubbio che forte lo preme, egli, che già conosce il fuoco emesso dai corpi terrestri, cerca modo di esplorare eziandio la natura di quello, che si agita nelle regioni dell'atmosfera, e che più gagliardo e più vivo

(1) L'inglese Pietro Collinson, membro della Società Reale di Londra, verso l'anno 1745, scrisse alla Società della Biblioteca di Filadelfia un racconto de' principali sperimenti elettrici, che da pochi anni s'erano fatti in Europa, e le mandò al tempo stesso un tubo elettrico con un'istruzione sul modo di adoperarlo. — Da questo fatto ebbero principio *le sperienze americane*, alle quali Franklin accenna nella prima lettera indirizzata a Collinson il 28 marzo 1747.

« Il regalo, dice egli, da voi cortesemente fattoci di un tubo elettrico, con le istruzioni sulla maniera di usarne, ha invogliato parecchi fra noi a sperimentare di cose elettriche: intorno alle quali osservammo alcuni fenomeni particolari, che ci parvero al tutto nuovi. Tali forse non riusciranno a voi, perocchè fra tanti dotti, che di ciò senza posa sperimentano nel vostro emisfero, è a presumere che ad alcuni di loro sia accaduto di fare identiche osservazioni ecc. ».

si eccita nel cozzare de' nubi procellosi: e così è fecondo ne' mezzi, e nello sperimentare ingegnoso ed accorto, da costringere il fuoco delle nubi a rivelargli ciò, che da lui era stato presentito, e da altri già prima divinato; cioè la identità del fluido elettrico naturale e dell'artificiale.

Nè pago ancora di tanta scoperta, egli giunge eziandio a dissipare coi parafulmini la elettricità delle nubi, se poderosa si condensa nell'aere, o minacciosa discende sulla terra. Tant'è che la natura nulla di sè scuopre al superbo che s'affida di indovinarla, o all'ignorante che superficialmente la osserva, e tutti disvela i suoi segreti a chi sa con prudente magistero interrogarla! Franklin, semplice come la natura istessa, che gli rivela i suoi misteri, sdegna il fumo di gloria onde s'inebria la volgare mediocrità: e le proprie scoperte comunica a Pietro Collinson in più lettere, nelle quali, ad esprimerci con Priestley, è difficile il dire se più debba ammirarsi la semplicità e la chiarezza dello stile, o la modestia con cui l'autore propone la sua ipotesi, o la nobile franchezza con la quale confessa i proprii errori, quando tali sono dimostrati da nuove sperienze (1).

(1) Le memorie di Franklin sull'elettricità intitolate « *New experiments and observations on electricity, made at Philadelphia in America* » furono da lui comunicate a Pietro Collinson in una serie di lettere, la prima delle quali in data del 28 marzo del 1757, e l'ultima del 18 aprile 1758. Esse vennero prima voltate in francese dal fisico Dalibard, e furono poscia tradotte in quasi tutte le lingue d'Europa.

Ecco un sommario di ciò, che in esse si contiene:

Nella prima Franklin annunzia la relazione delle sperienze fatte da lui e dai suoi amici intorno all'elettricità.

Nella seconda descrive gli effetti delle punte metalliche; — enumera le principali sperienze relative alle attrazioni e ripulsioni, ed ai fenomeni calorifici e luminosi della scintilla; — e dà un primo cenno della ipotesi di un fluido solo.

Nella terza e nella quarta esamina gli effetti della boccia di Muschenbroeck (di Leida); ricerca il modo di distribuzione del fluido elettrico sulle armature di essa. — Istituisce quindi un'analisi compiuta di quest'apparato; e ne deduce i principii fondamentali della sua ipotesi, che poscia conferma nella lettera quinta. — Descrive quindi la batteria e il quadro magico: accennando alcune piccole esperienze che vi si riferiscono.

Sperimentando Franklin co' suoi amici di Filadelfia intorno all'elettricità, non solamente riproduce i fenomeni già descritti da Collinson,

Nella quinta e nella sesta discute i diversi fenomeni che accompagnano la esplosione del fulmine; ed espone le sue congetture intorno alle proprietà ed agli effetti della materia elettrica.

Nella settima dimostra l'ufficio del vetro nella boccia di Leida. — Spiega gli effetti del fulmine sulle bussole. — E ricorda lo sperimento dell'accensione della polvere col mezzo della scintilla.

Nella ottava discorre del cervo volante elettrico.

Nella nona e nella decima tratta dell'elettricità atmosferica; dello stato elettrico delle nubi e del mezzo di disperdere l'elettricità.

Nella undecima aggiunge alcuni schiarimenti alla lettera precedente intorno ai mezzi di scuoprire lo stato elettrico delle nubi.

Più altre lettere scrisse ancora Franklin intorno all'elettricità, fra le quali meritano una particolare menzione le seguenti:

A Kinnersley sul diverso elettrizzamento del vetro e del solfo, — della durata della carica di una boccia di Leida, — e sulla permeabilità pel fluido elettrico del vetro riscaldato.

A Colden; sulla varia conduttività dei corpi per la materia elettrica, — e sull'influenza dell'aria nei fenomeni dell'elettricità.

A Lining e a Dawson; sull'elettricità e sui parafulmini ecc.

Oltre a queste lettere sull'elettricità Franklin parecchie altre ne scrisse di fisico argomento, raccolte nel secondo tomo della traduzione delle sue opere fattasi in Francia, nel 1773, per cura del signor Barbeau Du Bourg. — Tra le quali notiamo:

Una serie di congetture intorno al modo di formazione di diverse meteore, dei venti alizei, degli uragani, delle trombe ecc., raccolte in una memoria letta alla Società Reale di Londra, il 3 giugno ed il 4 novembre 1756; ed in lettere indirizzate al dottor Perkins, a Colden, a Collinson e a Smali.

Due lettere al Dottor Lining sul freddo prodotto dalla evaporazione dei liquidi, nelle quali accenna i fenomeni di abbassamento della temperatura in un termometro, la cui bolla si bagna con alcool, e specialmente con etere: d'onde trae la spiegazione di alcuni fatti naturali. — Queste lettere inoltre contengono assennate osservazioni intorno alla varia conduttività de' corpi per il calorico ed agli effetti di dilatazione e di cangiamento di stato, che questa produce ne' corpi, in cui penetra.

Aleune lettere sull'austica, indirizzate al Padre G. B. Beccaria, a Lord Kaims e a Neave. Nella prima delle quali descrive l'*armonica*, strumento musicale da lui ideato. — Nella seconda tratta della musica, — e nella terza del veicolo del suono, — ecc.

Ma il primo lavoro pubblicato da Franklin (nel 1745) fu quello che riguarda i nuovi camini da lui inventati. Nel quale, preuessa alcune nozioni generali sulle proprietà dell'aria e del fuoco, enumera le varie forme dei camini, accennandoue i vantaggi e gli inconvenienti — Descrive quindi il perfezionamento da lui immaginato e dà tutti i particolari della costruzione dei nuovi caminetti, detti anche oggidì *Franklin* dal nome dell'inventore.

ma tosto altri ne scuopre, i quali, benchè non riescano affatto nuovi ai fisici d'Europa, tornano tuttavia a lode del filosofo americano, che, senza conoscere le sperienze altrui, li inventava: tali sono la danza di foglie d'oro, già immaginata dal francese Le Cat e, prima ancora, da Newton; — la riaccensione di una candela appena spenta, e l'accensione di liquori ottenuta già da Ludolf con la scintilla; — la divergenza dei getti d'acqua elettrizzati ottenuta da Gordon e dai fisici tedeschi; — l'affievolimento e la estinzione della virtù elettrica per mezzo della fiamma e del fumo di certi corpi, intorno a cui già avevano sperimentato gli accademici del Cimento; — il muovimento di una ruota per mezzo dell'elettricità, già tentato da Winkler; — l'acceleramento dell'evaporazione dei liquidi elettrizzati e l'uccisione di uccelli: effetti già riconosciuti dall'abate Nollet; — la trasmissione della elettricità attraverso l'acqua, già provata dai fisici francesi e dagli inglesi, ecc. (1).

L'esame di questi primi sperimenti lo conduce ad ammettere la esistenza di un fluido solo: le ricerche successive lo confermano in questa opinione, facendogli conoscere il modo di distribuzione di questo, da lui denominato *fluido elettrico*, e le modificazioni, che subisce nello elettrizzamento dei medesimi. — Egli immagina questo fluido immensamente sottile, universalmente diffuso, e dotato di una virtù ripulsiva in se stesso, ossia fra le proprie molecole: alla quale azione ripulsiva egli crede si contrapponga un'azione attrattiva sovr'esso esercitata dalla materia ponderabile de' corpi. Laonde in esso immersi originariamente, i corpi ne raccolgono in ragione della loro attrazione e della loro capacità, sino a che questo fluido siasi posto in equilibrio con se stesso in tutti i corpi della natura. Questi corpi non sono perciò elettrizzati: essi contengono tale quantità di fluido elettrico, che li costituisce allo stato naturale: stato cioè d'inerzia, nel quale il fluido

(1) *Oeuvres de Franklin traduites de l'anglais sur la quatrième édition par Barthelemy Du Bourg. Paris 1773.* — Lett. II a Collinson, 11 luglio 1757, pag. 9 e seg.

non rivela esteriormente la sua presenza. — Si aumenta ora per una azione qualsivoglia questa quantità o dose comune di fluido? Il corpo che riceve questo aumento è elettrizzato *in più* o *positivamente*. Per lo contrario togliesi al corpo una parte della sua elettricità naturale? Il corpo è elettrizzato *in meno* o *negativamente*. In altri termini: se lo strofinamento, od altra azione qualsivoglia, rompe l'equilibrio del fluido elettrico nei corpi, le attrazioni di questi, per il fluido, perdono il loro rapporto di uguaglianza; onde gli uni acquistano un eccesso di fluido, e gli altri perdono una parte della loro quantità naturale. Questo eccesso e questo difetto di fluido costituiscono i corpi in due stati di elettricità differente: alla prima delle quali Franklin dà il nome di elettricità *positiva*, e alla seconda quello di *negativa*. — V'hanno pertanto tre stati elettrici distinti: l'uno dei quali, costante ed invariabile, ed è il naturale; mutabili per contro gli altri due: cioè di sovrabbondanza o *positivo*, di privazione o *negativo* (1).

III.

Veggasi ora per quale serie di fatti e di induzioni siasi venuta componendo nella mente di Franklin la ipotesi da noi accennata.

Egli, come già l'inglese Watson, conobbe dai primi sperimenti che lo strofinamento non produce la elettrica materia, ma solo la raccoglie dai corpi non elettrici vicini. — Osservò che una persona non poteva, benchè posta sopra un sostegno isolante, elettrizzarsi di per sè strofinando il tubo. — Trovò ancora che se una persona isolata strofinava il tubo, ed un'altra parimenti isolata ne traeva la scintilla, entrambe apparivano elettrizzate: — non si elettrizzavano per contro se isolate entrambe, si ponevano fra loro in contatto durante lo strofinamento del tubo. — Che se poi, tratta la scintilla dal tubo, si toccavano fra loro, eccitavasi dal contatto una scintilla più forte, che non

(1) Lett. II a Collinson. 1747, pag. 8, 9 e passim.

avvenisse nel contatto di una di esse con altra persona non isolata: e dopo questa scintilla entrambe ritornavano allo stato naturale.

Questi risultati cominciarono a far supporre a Franklin che il fluido elettrico venisse raccolto e condotto da colui, che strofinava il tubo, a quello che lo toccava, il quale perciò rimaneva elettrizzato in più, mentre il primo era elettrizzato in meno ⁽¹⁾.

In queste idee lo confermò l'esame dell'apparato condensatore di Leida, da lui detto la *bottiglia maravigliosa* di Muschembroeck. Studiando egli innanzi tutto come questo apparato acquistasse la elettrica virtù, come la conservasse tuttavia dopo il contatto, e come ad altri corpi la comunicasse, giunse a conoscere che allorquando si poneva l'armatura interna in comunicazione con la macchina elettrica, anche la esterna armatura si elettrizzava, ma diversamente dall'interna; e che ciò nonostante la totale quantità di fluido elettrico, raccolto sulle due superficie, si conservava uguale a quella posseduta dalla boccia di Leida, allorchè era allo stato naturale. Trovò egli tra lo stato naturale e lo stato elettrico della boccia questa sola differenza: che il fluido era nella boccia elettrizzata diversamente distribuito sulle due armature e per tal guisa, che di quanto erasene accresciuta la dose sull'interna armatura, d'altrettanto era scemata quella naturalmente posseduta dalla esterna, onde la quantità totale di fluido raccolta sulle due superficie era ancora la stessa di prima.

Perchè la distribuzione del fluido avvenga nel modo suaccennato, Franklin suppone che la armatura interna, a misura che dalla sorgente elettrica, con cui trovasi in comunicazione, riceve una data quantità di fluido in aggiunta al proprio e naturale, che già possiede, la esterna armatura si vada spogliando, e nella stessa proporzione, di una parte del suo fluido naturale. Quindi la boccia di Leida, tanto perde all'esterno, quanto guadagna all'interno: conseguentemente allorchè essa è elettrizzata non contiene sopra le due armature in

(1) V. Opera citata Lett. II a Collinson 11 luglio, 1747, pag. 7 e seg.

complesso una quantità di fluido maggiore di quella, che possedesse prima dell'elettrizzamento.

A dimostrare la verità di questo principio, a primo aspetto paradossale, e da lui posto a fondamento della teoria dell'apparato di Leida, Franklin accosta all'uncino della boccia elettrizzata una sfericciuola di sovero sospesa ad un filo di seta, e la scorge attirata dapprima, e poscia respinta. Mentre essa è così respinta la abbassa accostandola all'armatura esterna, da cui viene tosto e fortemente attirata — Dal che argomenta che se identica fosse la elettricità delle due armature, anche la esterna dovrebbe respingere e non attirare la sfericciuola già respinta dall'interna (1).

Il duplice elettrizzamento in più ed in meno delle due armature, gli apparisce anche meglio accostando un filo di ferro, posto in contatto con l'armatura esterna, a poca distanza dall'uncino dell'armatura interna, e sospendendo poscia fra essi una sfericciuola di sovero: questa viene alternativamente attirata dall'una e dall'altra delle due armature, sino a che la boccia siasi ridotta allo stato naturale. — Il qual movimento dimostra, che per mezzo del sovero, la elettricità dell'armatura interna, dov'erasi accumulata, a poco a poco ritorna all'armatura esterna, da cui era fuggita, e si ricostituisce in equilibrio sopra le due superficie (2).

Similmente egli sospende un filo di lino presso l'armatura esterna di una boccia elettrizzata, ed osserva che ad ogni volta che ci presenta il dito all'uncino dell'armatura interna, il filo di lino viene attirato dall'esterna: sicchè a misura che egli va sottraendo del fluido alla parte interna, ne riceve la esterna un'eguale quantità per mezzo del filo (3). — Il quale sperimento spiega in tutta la sua generalità il fatto osservato già dagli elettricisti d'Europa, che l'equilibrio non

(1) Lett. III a Collinson, 4 settembre 1767, pag. 16.

(2) Lett. III a Collinson pag. 16 e 17.

(3) Lett. III, pag. 16.

potevasi altrimenti ristabilire che toccando con un corpo non elettrico (ossia conduttore) le due armature, — o contemporaneamente, nel qual caso l'equilibrio a un tratto si ricompone con molta violenza, — o l'una e l'altra alternativamente; ed allora l'equilibrio si ricostituisce più quietamente e per gradi.

Gli elettricisti d'Europa già avevano osservato che non si può la boccia caricare (tutt'al più appena sensibilmente si elettrizza, siccome fu notato da Nollet) se un qualche conduttore non comunica con la esterna armatura. Frankliu diede ragione di questo fatto, e lo esprime in tutta la sua generalità. Come, disse egli, non si può far passare del fuoco elettrico nell'interna armatura, quando all'esterna tutto il fluido siasi tolto: così in una boccia, tuttora scarica, non si può condurre del fluido all'interno di essa, quando non se ne possa togliere dalla esterna; il che appunto avviene allorchè si pone la boccia sovra corpi originariamente elettrici (ossia isolanti). — Reciprocamente poi da una boccia elettrizzata non si trae che una debole scintilla, toccando la sola armatura interna: a meno che un'uguale quantità se ne possa dare contemporaneamente all'esterna armatura (1).

Osservò inoltre che la commozione cagionata dal subitaneo passaggio del fuoco attraverso il corpo umano, corre per la via più breve, come già era stato avvertito da Watson: e che ad ottenerla non occorre che il corpo si trovi in comunicazione col suolo (2).

IV.

I risultati delle esperienze di cui fu cenno, già paiono bastanti ad affermare la nuova teoria della boccia di Leida: essi tuttavia non convincono ancora pienamente lo spirito di Franklin. Laonde nuovo ricerche istituisce intorno alla scarica di questi apparati per viemmeglio riconoscere il modo di distribuzione del fluido elettrico sovr'essi.

(1) Lett. III a Collinson, 1 settembre 1747, pag. 13 e 14.

(2) Id. id. pag. 13 e 15.

Si ponga, dice egli, una boccia elettrizzata sopra un corpo coibente, e coi due capi di un filo metallico, piegato in arco e tenuto con manico isolante, si tocchino ad un tempo le due armature, l'equilibrio del fluido elettrico si troverà immantinente ristabilito ⁽¹⁾. — Con un filo metallico si facciano comunicare le due armature fra loro, e poscia si accosti la boccia al conduttore della macchina elettrica; non si rompe in essa l'equilibrio del fluido: perciocchè questo circola fra le due armature così, che quanto la esterna armatura perde, altrettanto gliene restituisce la interna ⁽²⁾. — Una persona isolata sopra una stacciata di cera, tocchi l'uncino della boccia di Leida elettrizzata, e tenuta da altra persona non isolata: ad ogni contatto quella persona sarà elettrizzata in più, e darà una scintilla ad altri che lo tocchi. In questo sperimento adunque l'elettricità passa dall'armatura interna alla persona isolata: ed altrettanta al tempo stesso ne viene condotta alla armatura esterna dalla mano di chi tiene la boccia di Leida. — Sia questa per lo contrario tenuta dalla persona isolata, ed altra persona non isolata tocchi l'armatura interna della boccia: la persona isolata sarà ancora elettrizzata, ma negativamente. In questo caso il fluido passa dall'armatura interna a chi la tocca, e ad un tempo dalla persona isolata all'armatura esterna della boccia ⁽³⁾. — Che se la persona isolata tiene con una mano la boccia, e con l'altra ne tocca l'interna armatura, succede la scarica elettrica; ma abbenchè la persona ne tragga una viva scintilla, e ne provi una scossa violenta, pure in lei non viene punto di elettricità: chè il fuoco soltanto l'attraversa passando dall'armatura interna della boccia alla esterna ⁽⁴⁾.

A dimostrare sperimentalmente che nell'atto della scarica tanto perde un'armatura, quanto l'altra guadagna, Franklin isola il corpo strofinatore, e sospendendo una boccia di Leida al conduttore, vede

(1) Lett. III a Collinson, 1 settembre 1747, pag. 47.

(2) Id. pag. 47 e 48.

(3) Id. pag. 48.

(4) Lett. III a Collinson pag. 49.

che essa non si carica, benchè tenuta con la mano. Egli attribuisce questo fatto a che lo strofinatore, isolato, non può raccogliere elettricità e condurla nell'interno della boccia a compensare quella, che può uscire per la mano dall'armatura esterna. Tolta quindi la mano, e fatta comunicare, per mezzo d'un filo metallico, l'armatura esterna con lo strofinatore, la bottiglia agevolmente si carica; essendo che il fluido, che abbandona la esterna armatura, si raccoglie sullo strofinatore, e passa da questo nell'interno della boccia.

A porre in piena evidenza il passaggio, nell'atto della scarica, del fluido elettrico dall'armatura interna, dove sovrabbonda, alla esterna spogliata interamente od in parte della sua quantità naturale di elettrico, egli immagina la seguente sperienza: Isolate, dice egli, sovra un bicchiere un libro, la cui coperta sia filettata d'oro: ponete sovra un angolo del libro una boccia elettrizzata. Dall'angolo opposto del libro parta un filo metallico, incurvato così, che la sfericciuola, in cui termina, si possa accostare alla sfericciuola dell'armatura interna della boccia. Nello istante del loro contatto succede la esplosione, e si vede la materia elettrica, uscente dall'armatura interna, illuminare il filetto d'oro nel suo passaggio per restituirsi alla superficie esterna della boccia (1).

Siffatte sperienze ne suggeriscono più altre alla mente di Franklin, delle quali niuna v'ha, cui non si adatti in semplice maniera la ipotesi del duplice elettrizzamento positivo e negativo. Così risulta che la boccia si può caricare, sia tenendola esternamente con la mano e presentando al globo della macchina elettrica, od al tubo di Gilbert, l'uncino della interna armatura; sia tenendo questo con la mano e presentando alla sorgente elettrica la esterna superficie della bottiglia. Varierà soltanto, egli dice, la direzione del fuoco elettrico nella esplosione, poichè diversa ne fu pure la direzione nella carica: si scaricheranno cioè le due boccie o dall'uncino, o dall'esterna armatura,

(1) *Lett. III a Collinson*, 1 settembre 1757, pag. 20.

secondo che questa o quello si pose in comunicazione con la elettrica sorgente. Infatti si tengano con le due mani due bocceie entrambe caricate dall'interno, e si accostino, l'una all'altra, le interne armature: non ha luogo nè scintilla, nè rumore, perchè ciascuna armatura è pronta a dar fuoco, e non a riceverne. Or si deponga una d'esse sul vetro, si rialzi poscia, tenendola per l'uncino, e si accosti la sua esterna armatura all'uncino della prima, avverrà in tale caso la scintilla; e le due bocceie saranno scaricate. — Similmente fra due bocceie ugualmente caricate e poste sopra una tavola, a poca distanza fra loro, si sospenda una sfericciuola di sovero: questa sarà dapprima attirata, e poscia respinta da entrambe. Se per contro le bottiglie fossero state diversamente caricate, la sfericciuola dopo di essere attirata e respinta da una di esse, verrà non meno vigorosamente attirata e respinta dall'altra, e così danzerà fra le due bocceie sino a che queste siano quasi intieramente scaricate (1).

Da tutte queste sperienze scaturisce logicamente la conclusione che la *carica* d'una bocceia di Leida consiste non in un'acumulazione di fluido elettrico sovr'essa, oltre la quantità naturale, sibbene in una diversa ripartizione di questa dose naturale sopra le due armature, sicchè l'una di esse trovasi elettrizzata in più, e l'altra in meno; e la *scarica* consiste nella ricomposizione del primitivo equilibrio del fluido sovra le armature dell'apparato di Leida.

Apparisce inoltre ad evidenza che non è possibile la carica se altrettanto fuoco non può uscire per una via, quanto ne entra per l'altra: il perchè una boccia isolata su cera, su vetro o sospesa al conduttore della macchina elettrica, non si può caricare, se l'esterna superficie della medesima non comunica col suolo. — V'ha tuttavia un modo di caricare la bocceia di Leida, che solo per via indiretta comunica col suolo. Si sospendano più bocceie di Leida, le une inferiormente alle altre, così che all'armatura esterna della prima sia attaccato

(1) Lett. IV a Collinson, 4 settembre 1758, pag. 21 e seg.

l'uncino della seconda, e così di seguito; la prima della serie sia sospesa per l'uncino al conduttore della macchina elettrica; e un filo metallico dall'esterna armatura dell'ultima discenda al suolo: tutte si elettrizzeranno a un tempo ed ugualmente, come se una sola, regolarmente comunicante col suolo e con la macchina elettrica, si ponesse in esperimento. Il che prova che il fuoco sprigionato dall'armatura esterna della prima boccia, serve a caricare la seconda; quello emesso dalla superficie esterna della seconda, serve a caricare la terza, ecc. — Onde si può dire che tutte con la quantità di fluido, che loro è naturale, provvedono alla propria elettrizzazione (1).

V.

A compiere lo studio dell'apparato di Leida dovevasi ancora dichiarare l'ufficio del corpo coibente frapposto ai conduttori, che ne costituivano le armature. Credevasi comunemente dai fisici che il fuoco elettrico esclusivamente si raccogliesse sovra i conduttori; e che il corpo coibente ai medesimi interposto solo cospirasse coll'aria ad impedirne la ricomposizione. Tale anche era l'opinione di Franklin, allorchè fece le prime sperienze. Non tardò egli tuttavia ad avvedersi che la carica elettrica facevasi sul vetro medesimo e non sovra le armature. Infatti a ricercare dove risiedesse la carica, egli pose la boccia di Leida sopra un sostegno isolante: tolse quindi il tappo ed il filo di ferro, che scendeva entro la medesima, e stabilita poscia la comunicazione fra le due armature, n'ebbe ancora la scossa, quale ottenevasi dalla boccia ordinaria. — Caricata l'altra volta e versata l'acqua, che ne formava la interna armatura, in altra boccia vuota ed isolata, trovò che questa non dava la scossa, come pure avrebbe dovuto accadere se la elettricità si fosse accumulata nel liquido. E per contro riempiendo di nuova acqua la prima boccia, che dopo l'elettrizzamento ne fu vuotata, n'ebbe la scossa.

(1) Lett. IV a Collinson, 1758, pag. 24.

Giustamente diede Franklin a questo sperimento il titolo di *analisi della boccia di Leida*; perocchè con esso pose in evidenza l'ufficio delle singole parti, che la compongono. — Sul vetro infatti si raccoglie la carica elettrica, ed in esso risiedono la virtù e la potenza d'una boccia di Leida: perchè la scossa è violenta del pari, sia quando l'apparato conserva tutte le parti, ond'è composto; sia che prima della scarica si tolgano il tappo ed il filo metallico, che l'attraversa, e l'acqua od altra materia conduttrice qualsivoglia, onde la boccia è ripiena. Queste varie sostanze altro non fanno che schiudere al fluido elettrico una facile via per giungere al luogo di sua destinazione, cioè alla superficie del vetro. Questo poi arrestando il fluido nella sua rapida corsa ne determina la condensazione: e per tal modo contribuisce ad aumentare la forza ripulsiva delle sue molecole, senza impedire che questa eserciti la sua attività sul fluido naturale della superficie esterna, la quale perciò si spoglia di una quantità di fluido, che le è propria, uguale a quella acquistata dalla interna armatura (1).

Per iscoprire in seguito se la proprietà del vetro dipendesse dalla natura del medesimo, e se la forma potesse in qualche modo alterarla, sperimentò sovra una lastra piana di vetro. Postala sopra la mano, sicchè questa tenesse le veci di esterna armatura, e collocatavi sopra una lastra di piombo comunicante colla macchina elettrica, egli trasse una forte scintilla accostandovi il dito. — Sostituita poscia alla mano un'altra lastra di piombo, e quindi rinnovata la carica, le separò: il vetro toccato col dito slanciava piccole scintille dai diversi punti, che erano successivamente toccati. — Rivestitolo poscia con le due lamine metalliche e stabilita la comunicazione fra di esse ebbe luogo la esplosione (2). Quest'ultimo sperimento conferma le conclusioni dedotte dai precedenti: e frattanto suggerisce a Franklin la idea della

(1) Lett. IV a Collinson, 4 settembre 1748, pag. 25 e 26.

(2) Lett. IV a Collinson, pag. 26.

costruzione di una *batteria elettrica*, consistente nella unione di undici lastre di vetro armate di sottili lamine di piombo, che ne rivestivano le faccie, e così fra loro congiunte, che si caricavano tutte ad un tempo, caricandone una. Erano cioè disposte per modo che tutte le armature rivolte da una medesima parte, per mezzo d'un filo metallico, comunicavano fra loro, e quindi col suolo: e parimente fra loro si univano le altre, che erano rivolte in opposta direzione. Stabiliendo la comunicazione fra le due serie di armature, tutte simultaneamente si scaricavano, e con molta violenza.— Di qui ancora la idea del *quadro elettrico* da lui denominato *quadro magico* o *fulminante*, e del quale attribuisce il merito dell'invenzione a Kinnersley (1).— Vero è che nella costruzione di questi apparati Franklin fu preceduto dagli elettricisti d'Europa. Vedemmo infatti che Watson, Bevis e Gralath, scaricando delle grandi giare, tutte fra loro comunicanti per l'interna armatura, accennavano alla costruzione della batteria di Leida; e Jallabert, elettrizzando vetri piani collocati fra metalli, o da una parte sorretti con la mano, componeva un *quadro magico* (2). A Franklin tuttavia è dovuta una parte del merito nell'invenzione de' nuovi istrumenti, e per averli a sua volta immaginati, e specialmente per aver dichiarato il modo, con cui ne' medesimi si ottiene la carica.

Dal modo di elettrizzamento della boccia di Leida e della lastra di vetro Franklin conchiude che il vetro, più d'ogni altro corpo, vittoriosamente resiste al passaggio dell'elettricità: anzi Franklin, contro la opinione di molti fisici, sostiene la impermeabilità del medesimo al fluido elettrico.— Allo sperimento d'una piuma, che sospesa entro un tubo ermeticamente chiuso, si muove all'appressarle di un tubo strofinato, egli contrappone il semplice fatto dell'elettrizzamento della boccia di Leida, sostenuta dalla mano: perchè, dic'egli, il fluido versato dalla macchina entro la boccia non attraversa il vetro e per la

(1) Lett. IV a Collinson, pag. 27 e seg.

(2) V. Periodo secondo, sezione seconda, pag. 59 e 60.

mano non fugge al comun serbatoio? — Che se per avventura il vetro è lievemente screpolato in qualche parte, per questa il fluido elettrico fugge liberamente e la boccia non si carica: or bene qual differenza v'ha tra questa ed una boccia intatta, se non in ciò che il fluido può attraversare la prima e non la seconda? — Il vetro, egli aggiunge, è del novero dei corpi originariamente elettrici, i quali attirano e ritengono con molta forza il fluido elettrico e ne contengono la massima quantità.

Che il fuoco elettrico sia fortemente attirato dal vetro, lo dimostra la rapidità e la violenza, con cui viene riacquistato dalla superficie, che ne fu priva, appena se ne offra l'occasione. — Di qui deriva che da una massa di vetro non si può trarre una quantità di fluido elettrico, ossia elettrizzarne *in meno* la massa totale, come accade nei metalli. Il vetro ritiene il suo fluido naturale, e ne ha quanto la sua massa ne può capire: quindi in esso non è possibile aumento o diminuzione di fluido elettrico. — L'unico mezzo di porre in movimento il fluido nel vetro, quello si è di cuoprirne una parte delle due superficie con corpi anelettrici, e di spingere su una di queste una quantità di fluido elettrico, che si aggiunga a quella, che già naturalmente possiede. Diffondendosi la nuova dose di fluido sul corpo conduttore, e dal medesimo ritenuta sulla superficie del vetro, opera con la sua forza ripulsiva sulle particelle del fluido contenute sull'opposta superficie e le spinge dal vetro al corpo anelettrico, il quale ricuopre questa parte, donde poscia vengono scaricate. Solo allora è possibile di aggiungere altrettanto fluido dalla parte, per la quale il vetro si carica. Ma dopo questa operazione non ha il vetro una quantità di fluido nè maggiore nè minore di prima; essendogliene sfuggita altrettanto da una parte, quanta ne ricevette dall'altra. — Squilibrato in siffatta maniera, non può il fluido rimanersi in riposo, sino a che non abbia riacquistata la uniforme distribuzione primitiva: e la ricostituzione del suo equilibrio non può farsi attraverso la sostanza del vetro,

sibbene per una esterna comunicazione delle due superficie attivata da corpi conduttori (1).

In conclusione: il vetro differisce dai corpi anelettrici per questi due caratteri: 1. Che la quantità di fluido naturale, alterabile nei corpi anelettrici, rimane costante nel vetro, ed è soltanto alterabile nel modo di distribuzione sovra le due facce del medesimo: 2. Che la materia dei corpi anelettrici è permeabile al fluido elettrico, laddove quella del vetro è impermeabile (2).

A dar ragione della impermeabilità del vetro, egli suppone che nel raffreddarsi della materia fusa, onde ha origine il suo tessuto, il vetro siasi fatto più denso nel mezzo, e quindi con pori ristretti così, che le particelle del fluido elettrico, che entra per le due faccie del medesimo, non possano attraversarlo per mescolarsi a vicenda (3). Ma esperienze posteriori lo convincono della insussistenza di questa ipotesi, che egli è primo a riconoscere (4).

(1) Lettera IV a Collinson, 1 settembre 1748, pag. 25.— Lettera VI, 29 luglio 1750, pag. 69 e seg.

(2) Dalla impermeabilità del vetro pel fluido elettrico Franklin argomenta la impossibilità di riuscita delle sperienze proposte per trarre effluvi salutari da sostanze odorose e medicinali, chiuse in tubi di vetro sottoposti all'elettrizzazione. Questa induzione gli è confermata da sperimenti istituiti sulla terebintina e sovra sostanze molto purgative.

V. Lettera VI a Collinson, 29 luglio 1750, pag. 77, 78 e seg.

(3) Lettera VI a Collinson, 29 luglio 1750, pag. 72 e seg.

(4) « La mia ipotesi, egli dice, intorno alla grandezza dei pori del vetro decrescente dalla superficie verso il mezzo così, da impedire il passaggio all'elettricità, era certamente falsa: imperocchè non appena era scritta quella lettera (a Collinson) feci, per confermare la mia ipotesi, ciò che avrei dovuto fare prima di scrivere: la sottoposi all'esperienza. Assottigliai il vetro d'una boccia di Leida, sino a ridurlo al sesto del suo spessore, credendo che, coll'averne tolto la parte, che supponevo più densa, potesse il fluido elettrico traversare la parte residua del vetro, ch'io immaginava fornita di pori più aperti. Ma riconobbi d'essere in errore: la boccia a parete assottigliata si elettrizzò ugualmente bene. Io sono dunque altrettanto e più che mai imbarazzato a sapere dove e come si è raccolto il fluido dalla parte del vetro, che si elettrizzò positivamente ».

V. Lettera al Dottor Lining, 18 marzo 1755, pag. 183.

Le sperienze finora accennate rivelano a Franklin i misteri della boccia di Leida, e maturano nella sua mente la nuova dottrina intorno ai fenomeni elettrici, già delineata nelle prime lettere a Collinson.

Osservando come libera e rapidissima la elettrica materia attraversi i metalli e il corpo umano, egli argomenta essere la medesima composta di sottilissime particelle; — in ciò diversa dalla materia comune, che le molecole di questa vicendevolmente si attraggono, laddove le parti di quella tra di loro si respingono; — queste poi, benchè repellentisi, egli immagina attratte dalla materia dei corpi ⁽¹⁾.

Da questi tre principii, che sono: — la grandissima sottigliezza della materia elettrica, — la vicendevole ripulsione delle sue parti — e la forte attrazione della materia ponderabile per essa, — consegue la proprietà, che hanno i corpi, di lasciarsi penetrare dal fluido elettrico, come una spugna dall'acqua. La spugna, egli dice, non accoglierebbe in sè l'acqua, se le molecole di questa non fossero più piccole dei pori di quella; lentamente ne sarebbe penetrata se non vi fosse tra loro una reciproca attrazione; impiegherebbe meno tempo ad imbevversene, se non vi opponesse resistenza l'attrazione delle parti liquide fra loro; rapidissimamente poi la assorbirebbe, se l'attrazione delle gocce liquide si mutasse in ripulsione, la quale cospirasse con l'attrazione, che la spugna esercita sovr'esse. — E questa è appunto la condizione, in cui trovasi la materia elettrica rispetto alla materia comune.

La distribuzione del fluido elettrico nei corpi debbe farsi per modo, che le due forze opposte, di attrazione della materia, e di ripulsione del fluido, si facciano equilibrio. — Quindi se una molecola di fluido si accosta ad un corpo, che ancora non ne abbia, subisce l'attrazione di questo e, penetrando in esso, s'arresta nel centro: poichè

(1) Lett. VI a Collinson, 29 luglio 1750, pag. 52.

in questo solo punto, dond'è ugualmente attirata da ogni parte, può trovarsi in equilibrio. — Che se altre molecole elettriche si presentano al corpo, in esso si adagiano là dove la ripulsione loro e l'attrazione della materia si fanno equilibrio. Dal che deriva che il fluido elettrico avvolge da ogni parte il corpo, che a sè lo attira ⁽¹⁾.

Il ragionamento poi e l'esperienza dimostrano che l'atmosfera elettrica prende la forma del corpo, che essa circonda. Invero il fluido elettrico, attirato dal corpo, penetra in esso, finchè non l'abbia saturato, e poi si arresta intorno al medesimo, perchè attirato da ogni parte della sua superficie. Ove questa attrazione non esistesse, il fluido per propria ripulsione si disperderebbe nell'aria. — Si può rendere sensibile la forma dell'atmosfera elettrica sminuzzando della resina secca in un cucchiaino caldo sotto un corpo elettrizzato: il fumo, che si innalza, se l'aria è tranquilla, involge ugualmente d'ogni parte il corpo elettrizzato che a sè l'attira ⁽²⁾.

La materia ponderabile non ha tutta un'egual forza nell'attrarre e nel ritenere il fluido elettrico. Quindi la penetrazione di esso nei corpi, e la sua diffusione tutto all'intorno dei medesimi, non ha luogo indistintamente, nè in uguale misura in ogni qualità di materia. — Di qui la distinzione dei corpi già fatta dai fisici precedenti in *idioelettrici* ed *anelettrici*; alla quale egli sostituisce quella di *conduttori* e *non conduttori*, più razionale e conforme ai risultati dell'esperienza.

Il fluido elettrico applicato ad un corpo conduttore, lo penetra e lo attraversa, come fa l'acqua in una pietra porosa, ovvero uniformemente si spande sulla sua superficie, come l'acqua, che si versi su una pietra bagnata. — Per l'opposto nei corpi cattivi conduttori, avviene dell'elettricità ciò, che dell'acqua spruzzata su materia grassa: essa nè la penetra, nè l'attraversa, nè si spande sulla sua superficie,

(1) Lett. VI a Collinson, pag. 54 e 55.

(2) Lettera II a Collinson, 11 luglio 1747, pag. 5 e 6. — Lettera VI, luglio, 1750, pag. 56.

ma in altrettante gocce divisa si arresta nei punti ove cade ⁽¹⁾. I metalli e l'acqua soltanto egli giudica dapprima perfetti conduttori: gli altri non lo sono, che a proporzione di metalli o di acqua, che in sè contengono ⁽²⁾. Ma tosto si avvede della soverchia generalità di siffatto giudizio: risultandogli dalle sperienze che la resina, la cera ed anche il vetro, comunemente riguardati come elettrici per sè, diventano conduttori, allorchè si riducono in istato di fluidità: e che il vetro diventa buon conduttore, semplicemente accostandolo al fuoco ⁽³⁾.

L'aria perfettamente secca è tra i corpi cattivi conduttori. Essa non riceve, nè dà fluido elettrico: altrimenti nessun corpo circondato dall'aria potrebbe elettrizzarsi, sia positivamente, sia negativamente: poichè nel primo caso l'aria gli torrebbe il di più, e nel secondo gli darebbe il bisognevole per restituirlo allo stato naturale ⁽⁴⁾. Perciò in tale stato l'aria concorre a fissare l'atmosfera elettrica intorno ai corpi, che essa circonda, impedendone la dispersione. Infatti l'elettrico fluido nel vuoto agevolmente si sperde: e una boccia di Leida, vuotata d'aria, si carica, come se fosse armata di un conduttore ⁽⁵⁾.

Le atmosfere elettriche non abbandonano il corpo attorno a cui si formano, quantunque da forze estrinseche siano eccitate al moto. Infatti una grossa palla di sovero elettrizzata, e quindi a guisa di fionda, per mezzo d'una funicella di seta, messa in rapidissimo moto nell'aria, e per centinaia di giri, conservò tuttavia la sua atmosfera elettrica ⁽⁶⁾.

Inoltre suppone Franklin che queste atmosfere e l'aria reciprocamente non si escludano. L'atmosfera elettrica, che attornia un grosso filo di ferro, introdotto in un recipiente, non discaccia punto d'aria in esso contenuta, e neppure ve n'entra, allorchè se ne estrae il filo

(1) Lettera VI a Collinson, pag. 53. — Lett. a Cadwalader Colden, 1751, pag. 91 e 92.

(2) Lettera a Colden, 1751, pag. 91.

(3) Lettera II a Colden, 23 aprile 1752, pag. 171.

(4) Lettera V a Collinson, pag. 38.

(5) Lettera I a Colden, 1751, pag. 92 e 93. — Lettera a I Bandoïn, 21 gennaio 1752, pag. 162.

(6) Lettera I a Colden 1751, pag. 93.

metallico. A provarlo si servì d'un piccolo sifone di vetro, un ramo del quale introdusse nel recipiente attraverso ad un tappo di sovero, dopo aver fatto discendere nell'altro ramo una goccia di inchiostro rosso. Questa goccia, che movevasi ad un menomo cangiamento di temperatura dell'aria rinchiusa nel recipiente, punto non si mosse allorchè si sperimentò col filo elettrizzato, successivamente introdotto ed estratto dal vaso.

L'atmosfera elettrica non è più con egual forza ritenuta dai corpi elettrizzati, allorchè questi hanno forma differente dalla sferica. In un cubo, ad esempio, la elettricità entra ed esce più facilmente dagli angoli, che non dalle faccie piane: quindi le punte metalliche godono della facoltà di attirare e di respingere il fluido a maggior distanza, che non facciano i corpi a superficie più o meno rotonda. Elettrizzate, dice egli, una sfera metallica, presso la quale sia sospesa una sfericciuola di sovero: e mentro questa è respinta, accostate alla sfera una punta metallica lunga ed affilata, e comunicante col suolo: la ripulsione è in un baleno distrutta, e il sovero si riaccosta alla sfera. Ciò tuttavia non avverrebbe se la punta fosse applicata ad un bastone di ceralacca o ad altro corpo isolante. — Che se l'accennato sperimento si eseguisse in luogo buio, sulla punta si scorge una luce simile a quella di fuoco fatuo o di lucciola ⁽¹⁾. — Parimenti si accosti la punta di un ago ad un corpo elettrizzato; e lo si vede esercitare una viva attrazione alla distanza d'un piede: esso poi resta inerte se gli si presenta la testa dell'ago ⁽²⁾. — Si accosti una punta, tenuta colla mano, al conduttore della macchina; e s'impedisce la carica del medesimo: perchè la punta attrae il fluido a misura che si svolge, e lo conduce nel suolo: se la persona è isolata, si carica di elettricità, rubata dalla punta al conduttore ⁽³⁾.

(1) Lettera II a Collinson, 11 luglio 1747, pag. 3 e 4.

(2) Lettera V a Collinson, pag. 58.

(3) Id. id. pag. 60.

Questa singolarità d'azione dei corpi elettrizzati egli la dedusse dalla medesima loro forma: stabilendo il principio che la forza, con cui un corpo attira e ritiene la sua atmosfera elettrica, è proporzionale alla superficie, sulla quale il fluido si spande. — Quindi i corpi ottusi attraggono e ritengono più fortemente l'atmosfera elettrica, che non gli acuminati. Ma attraendo essi molte particelle elettriche ad un tempo, non possono ad una certa distanza assorbirle che difficilmente: laddove i corpi acuminati a poco a poco, e quindi più facilmente, le attraggono dando alle medesime, attraverso alla loro sostanza, un libero passaggio ⁽¹⁾. Confessa tuttavia Franklin di non essere guari soddisfatto di questa spiegazione del potere delle punte ⁽²⁾.

Vuolsi qui ricordare che già Stefano Grey elettrizzando metalli isolati, fu il primo ad osservare le apparenze luminose, che presentano le verghe acuminate: e che Jallabert, prima di Franklin, ripeteva gli esperimenti di Grey ⁽³⁾. Ma è vero altresì, e lo riconosce lo stesso abate Nollet, che Franklin fu il primo a dimostrare la proprietà, che hanno le punte di attirare la elettricità più fortemente, ed a maggiore distanza, che non gli altri corpi a forma più o meno rotondeggiante ⁽⁴⁾.

(1) Lettera V a Collinson, pag. 56 e seg.

(2) Ecco le parole con cui Franklin esprime i suoi dubbii a' Collinson in ordine alla teoria delle punte:

« Le spiegazioni del potere e del modo di azione delle punte, allorché la prima volta si presentarono alla mia mente, mi parvero in tutto e pienamente soddisfacenti. Ma dacché le posi in iscritto e le richiamai ad un esame più rigoroso ed accurato, io confesso in buona fede che mi restano alcuni dubbii in proposito. Ma non avendo per ora nulla di meglio a presentarvi in loro vece, io assolutamente non le rigetto: imperocché non di rado la cattiva soluzione d'un problema, della quale si conoscono i difetti, conduce l'accorto lettore a ritrovarne una migliore ».

V. Lettera V a Collinson, pag. 59.

(3) Nollet. *Recherches sur les causes particulières des phénomènes électriques*, pag. 342.

(4) Nollet. *Lettres sur l'électricité*, parte I, pag. 125.

VII.

L'amore effettivo, con cui Franklin attende alle sperienze elettriche, trova imitatori fra gli stessi suoi connazionali. Tra essi particolarmente si distingue Ebenezer Kinnersley a Boston.

Sperimentando sulla conduttricità dei corpi pel fluido elettrico, Kinnersley dimostra che alcuni solo parzialmente lo trasmettono, e non con quanta rapidità basti a produrre la commozione; ed altri, attraverso ai quali si ottiene la scossa, non lo trasmettono tuttavia con eguale facilità. — Apprestando infatti simultaneamente ad una boccia di Leida un circuito liquido ed un altro metallico assai più lungo, vede che la scossa sceglie questo a preferenza di quello: onde la mano immersa nell'acqua non è punto scossa; come per contro le accade allorchè si toglie il circuito metallico (1). — Identiche sperienze già vedemmo istituite sulla boccia di Leida anteriormente a Kinnersley dai fisici inglesi Watson e Wilson. Servendosi il primo di conduttori imperfetti per ottenere la scarica suddivisa; e formando il secondo due circuiti variamente conduttori, per dimostrare che l'elettricità nella scarica sceglie il miglior conduttore, giunsero a risultati analoghi a quelli ottenuti poscia dal fisico americano (2).

Studiando i movimenti elettrici, egli osserva che una sfera di sovero, elettrizzata dal vetro, è attirata dall'ambra e dal solfo, e respinta dal vetro: se per contro si elettrizza al contatto dell'armatura interna della boccia di Leida, è respinta dal vetro e attirata dal solfo. — Che se infine la elettrizza l'ambra od il solfo, sino ad essere da questi corpi respinta, essa viene attirata dall'interna armatura, e respinta dall'esterna.

Dai quali fatti per analogia deduce alcuni corollari, tra cui questo principalissimo: che ponendo un globo di vetro ad una delle estremità

(1) Lettera di Franklin al Dottor Lining, 18 marzo 1755, pag. 184.

(2) V. periodo secondo, sezione seconda, pag. 62.

d'un conduttore, e un globo di solfo all'altra, animati entrambi da un eguale movimento, non si può elettrizzare il conduttore (1).

Questi risultati furono da Kinnersley comunicati a Franklin, il quale, ripetendone le sperienze, confermò la conclusione a primo aspetto paradossale, dedottane dal suo amico. « Fui grandemente sorpreso, (così egli risponde a Kinnersley) nel vedere che, — essendo il globo di vetro ad una estremità del conduttore, e quello di solfo all'altra, entrambi in movimento, — neppure una scintilla dal conduttore potevasi ottenere, a meno che l'uno dei globi girasse più lentamente, ovvero fosse in peggiore condizione; ed anche in questo caso la scintilla era soltanto proporzionata a questa differenza: in guisa che ripigliando il moto ugualmente veloce, se i globi erano entrambi in buono stato, oppure, se diseguali, più lento per quello ch'era dotato di maggior forza, il conduttore non appariva elettrizzato » (2). — Franklin confermò inoltre le sperienze, che avevano dato origine all'accennato paradosso, e da esse argomentò che il globo di vetro si elettrizzava positivamente, e negativamente quello del solfo (3).

Convien dire che ai fisici americani ignote fossero le sperienze e le scoperte di Dufay. Più fortunate tuttavia quelle di Kinnersley, abbenchè non più nuove agli elettricisti di Europa, non giacquero dimenticate, come tosto lo furono quelle del fisico francese: esse giovarono anzi a rassodare viemmeglio la ipotesi della elettricità positiva e negativa di Franklin.

Alcuni anni dopo che già erano divulgati i primi scritti di G. B. Beccaria, e conosciute le sperienze di Canton, in altra lettera indirizzata a Franklin, Kinnersley espone risultati di sperienze da lui istituite sul vetro riscaldato e sugli effetti calorifici della scintilla; e descrive un termometro elettrico da lui immaginato. — Trova egli che

(1) Lettera I di Kinnersley a Franklin, 3 febbrajo 1752, pag. 95 e seg.

(2) Lettera II a Kinnersley, 16 marzo 1752, pag. 99.

(3) Id. id. pag. 100 e 101.

non si ottiene la carica in una boccia di Leida, se la si riempie d'acqua bollente; e ne attribuisce la causa al calore, che allarga siffattamente i pori del vetro, da renderlo permeabile al fluido elettrico: infatti raffreddandosi l'acqua, il vetro riacquista la prima virtù, e la boccia agevolmente si carica (1). — Questo fatto già era stato osservato da altri fisici, e particolarmente da Wilson, il quale, sperimentando sul vetro arrossato dal fuoco, lo trovò conduttore del fluido elettrico (2).

Studiando il fenomeno della ripulsione dei corpi ugualmente elettrizzati tanto in più quanto in meno, egli crede se ne possa dar ragione, ammettendo una reciproca attrazione fra la quantità naturale di fluido elettrico esistente nell'aria, ed il fluido che trovasi condensato o rarefatto nei corpi elettrizzati in più od in meno. « Io non veggo, dice egli, perchè debbasi credere che l'aria non ha la sua quota della massa comune di elettricità, al pari del vetro, e forse anche di ogni altro corpo elettrico per se stesso » (3). Nè diversamente giudica Franklin dell'aria; anzi egli suppone ancora che essa abbia col vetro, e con gli altri corpi idioelettrici, comune la proprietà di non cedere agevolmente parte del proprio fluido, e neppur di riceverne, semprechè non sia mista ad altri corpi anelettrici, e specialmente a soverchio vapore acqueo, il quale sempre si trova anche nell'aria più secca (4). — Quanto poi al fenomeno della ripulsione reciproca fra due corpi elettrizzati positivamente o negativamente Franklin confessa con rara ingenuità di non saperne dare spiegazione soddisfacente (5).

(1) Lett. II di Kinnersley a Franklin, 12 marzo 1761, pag. 202 e seg.

(2) V. Lettera III di Franklin a Kinnersley, 20 febbraio 1762, pag. 216.

(3) Lettera II di Kinnersley a Franklin, 12 marzo 1761, pag. 203.

(4) Risposta alla lettera II di Kinnersley, 20 febbraio 1762, pag. 224.

(5) « Voi sapete, così scrive a Kinnersley, che io ho sempre riguardata la uguaglianza di ripulsione nel caso dell'elettrizzazione positivo e del negativo, come un fenomeno difficile a spiegarsi, e che sempre ne ho parlato nella medesima maniera ».

V. Lettera II a Kinnersley, pag. 220. — Lettera IV a Collinson, 1 settembre 1748, pag. 35.

A studiare le attrazioni, che l'aria può ricevere dal passaggio della elettrica scintilla, ed a sciogliere la questione lungamente discussa, se il fuoco elettrico sia accompagnato da calore, Kinnersley costruisce il termometro elettrico ad aria (1). Si compone questo apparato d'un tubo di vetro pieno d'aria e chiuso ai due capi da ghiere metalliche: questo tubo ne racchiude un altro assai più piccolo, che pesca in poca acqua al fondo del maggior tubo; le ghiere son traversate da fili di ferro, che servono a trasmettere la scintilla. Si giudica dell'espansione dell'aria nel tubo maggiore dalla elevazione, che l'acqua subisce nel minore (2). — Posto questo termometro sovra un sostegno isolante, elettrizzato poscia e mantenuto in tale stato per lungo tempo, a mezzo d'una catena metallica unita al conduttore della macchina elettrica, l'aria rinchiusa nel tubo del termometro non provò alcuna sensibile dilatazione. — Portati a contatto i due fili di ferro dentro al tubo, ebbe luogo una forte scarica elettrica: la quale tuttavia non produsse rarefazione nell'aria. — Ma posti i due fili a distanza di circa due pollici, la scarica d'una boccia di Leida diradò l'aria sensibilmente; quella d'una gran giara produsse un'espansione grandissima; e quella di una batteria fece salir l'acqua nel piccolo tubo sino alla estremità superiore. L'acqua in seguito a poco a poco discese col progressivo raffreddarsi dell'aria, e ritornò al livello, cui era prima dello sperimento. Osservando attentamente l'altezza, cui l'acqua discendente in principio si arresta, noi possiamo, dice Kinnersley, conoscere il grado di rarefazione subita dall'aria. — Egli è chiaro anzitutto che il primo innalzamento provato dall'acqua, dopo la esplosione avvenuta nel tubo che la contiene, non deve punto attribuirsi alla rarefazione dell'aria generata dal calore, ma alla quantità di aria

(1) Trattando degli scritti e delle scoperte di G. B. Beccaria, rivendicheremo al fisico italiano la priorità di costruzione di questo apparato, a cui gli stranieri danno, e non troppo giustamente, il nome di Kinnersley.

(2) Lettera II di Kinnersley a Franklin, 12 marzo 1761, pag. 205 e seg.

attualmente spostata dall'elettrica esplosione. Quindi, come fu abilmente osservato da Kinnersley, solo dopo che questa prima e subitanea elevazione dell'acqua sia cessata, si può valutare il grado di rarefazione prodotta dal calore, giudicandone dall'altezza a cui l'acqua allora si arresta al disopra del livello ordinario (1).

Da ultimo, a dimostrare viemmeglio la potenza calorifica della scintilla, egli fa scaricare una batteria attraverso un filo di ferro: il quale si arroventa al calor rosso, e cresce di lunghezza. — Altra volta introduce il filo metallico in un tubetto pieno di polvere da cannone, che si infiamma al contatto del filo percorso dal fuoco elettrico. — Finalmente scarica la batteria sovra un finissimo filo di ferro: e questo si arroventa dapprima sino al calor rosso, e poscia cade a gocce, le quali, raffreddandosi, pigliano l'aspetto di granelli di piombo.

Dai quali fatti Kinnersley deduce, che se il fuoco elettrico non manifesta calore sensibile, finchè trovasi allo stato di riposo, può tuttavia, pel suo rapido movimento, e per la resistenza che incontra, produrre calore in altri corpi. E ciò avviene tanto più facilmente nei fili metallici di poca grossezza, dove le particelle elettriche, trovando maggior resistenza, sono più serrate le une alle altre, e per ciò sprigionano tanto calore da arroventarli e da fonderli compiutamente (2).

Sperimenti analoghi già erano stati istituiti in Europa (3). Franklin anch'esso, a Filadelfia, e parecchi anni innanzi, ricevendo sovra una lastra d'argento ripetute scintille d'una macchina elettrica, vide formarsi delle macchie azzurre sovr'essa. Queste macchie osservò pure sul ferro, ma diverso n'era il colore (4). — Scaricando una batteria di quattro bocchie sovra una cartuccia piena di polvere da fuoco, ne

(1) Lettera II di Kinnersley a Franklin 12 marzo 1761, pag. 207.

(2) Lettera I di Kinnersley a Franklin, pag. 202 e 209. — Lettera I di Franklin a Colden, 1751, pag. 88.

(3) V. periodo secondo, sezione seconda, pag. 53 e 54. — Id. sezione terza, pag. 79.

(4) Lettera I di Franklin a Cadwalader Colden, 1751, pag. 93.

determinò la istantanea esplosione ⁽¹⁾. — Similmente egli fuse piccole quantità d'oro, d'argento e di rame con la scarica elettrica: introducendo cioè nel circuito di una boccia di Leida listerelle di foglie degli accennati metalli, chiuse fra due lamine di vetro, legate fra loro con un filo di seta o, meglio, poste in un piccolo strettoio. In questo sperimento osservò che talora il vetro vien rotto dalla scarica elettrica ⁽²⁾.

Senonchè Franklin opinò allora che questa mutazione di stato nei metalli fosse una *semplice fusione fredda*. Gli sperimenti di Kinnersley lo convinsero poi che la fusione dei metalli, ottenuta in tal modo, è l'opera del calore sprigionato dalla scintilla ⁽³⁾: onde egli esce in queste sentenze: « quanti mezzi d'accender fuoco e di produr calore nei corpi! Il sole, la collisione, il fregamento, la percussione, la fermentazione, la putrefazione, la mescolanza di liquidi o di fluidi nei liquidi e l'elettricità. — E tuttavia il fuoco, una volta prodotto da qualsivoglia azione, benchè in alcuna particolarità diverso ne' diversi corpi, siccome nel colore e nella forza, è tuttavia identico negli stessi corpi. Non

(1) In proposito di questo sperimento Franklin così scrive a Collinson:

« Niuno, ch'io mi sappia, dei vostri elettricisti d'Europa riuscì ancora ad infiammare la polvere da guerra col fuoco elettrico. Noi l'otteniamo nel modo seguente. — Si riempie una piccola cartuccia di polvere secca, che si pigia con forza bastante a stritolarne alcuni granelli. In essa si introducono due fili metallici acuminati e fra loro distanti, entro la cartuccia, di un mezzo pollice. Quindi si pone la cartuccia nel circuito e quando si scaricano le quattro boccie, la fiamma saltando da una punta all'altra, attraverso la polvere della cartuccia, la infiamma, e la esplosione della polvere si fa nel medesimo istante, che si ode il rumore della scarica ».

V. Lettera VII a Collinson, 29 giugno 1751, pag. 86 e 87.

(2) Lettera VI a Collinson, 1751, pag. 64 e seg.

(3) « Io mi era, così scrive Franklin, lasciato indurre in questa falsa credenza da ciò, che è riferito ne' libri dei filosofi, e dalle tradizioni tramandatesi di età in età, della fusione di monete d'argento nella borsa e di spade nel fodero, senza che si fossero bruciate le materie infiammabili, con cui erano in contatto. — Ma gli uomini sono in generale così negligenti osservatori, che un filosofo non saprebbe mai essere troppo guardingo nel rapportarsene alle loro affermazioni intorno a cose straordinarie; e non si deve mai creare un'ipotesi che sovra fatti costanti ed esperienze esatte, se vuolsi evitare il pericolo di tosto vederla cadere come un castello di carte ».

V. Risposta a lettera di Kinnersley, 20 febbraio 1762, pag. 226, 227.

potrebbe ciò indicare che il fuoco già in essi esisteva, benchè in istato di riposo, prima che le accennate azioni lo avessero sprigionato e reso attivo sotto i nostri occhi? Non sarebbe esso forse parte costitutiva, e non ultima, della stessa materia corporea? — Se ciò fosse, accender fuoco in un corpo, altro non sarebbe che eccitare questo principio infiammabile, e metterlo in libertà di operare sui corpi. Allorchè più candele si accendono alla fiamma di una sola, e senza diminuire questa fiamma, puossi dire che essa abbia loro comunicato tutto il suo fuoco? — Quando una sola scintilla della pietra focaja, cadendo sovra un magazzino di polvere tutta la fa esplodere con una violenza quanto terribile, altrettanto istantanea, tutto questo fuoco esisteva forse nella scintilla? — Siamo dunque autorizzati a credere che tutti i corpi posseggono quanto fuoco bisognerebbe a infiammarli ed a fonderli, semprechè fosse posto, per una causa qualsivoglia, in libertà di esercitare la sua azione sovr'essi. — Siffatta libertà sembra gli possa venir procacciata dal passaggio dell'elettricità ne' corpi, perocchè sappiamo che essa è capace di separarne le parti: e forse le subitanee apparizioni del fuoco non sono che gli effetti di questa separazione di materia. Se ciò è, più non fa d'uopo supporre che il fluido elettrico si scaldi per la rapidità del suo moto, e che riscaldi i corpi per la resistenza che prova nello attraversarli: basterebbe il dire che esso acquista calore a proporzione della più o men grande facilità di questa separazione » (1).

VIII.

La teoria della boccia di Leida e l'ipotesi dell'elettricità positiva e negativa, di cui siam venuti finora ragionando, già basterebbero da sole a rendere chiaro fra gli elettricisti il nome di Franklin. Ma le scoperte intorno alla elettricità atmosferica, di cui ora imprendiamo a discorrere, d'assai ne aumentano la celebrità: esse fecero immortale

(1) Risposta di Franklin alla lett. II di Kinnersley, 20 febbraio 1754, pag. 227 e 228.

il nome di lui non solamente fra i cultori della scienza, ma eziandio fra i benefattori dell'umanità. Dimostrando la identità della scintilla e del fulmine, Franklin svelò una delle più grandi magie del mondo fisico. — Conducendo alla evidenza d'una verità positiva la concatenazione vicendevole dei fenomeni elettrici, terrestri ed atmosferici, atterrò il grande spauracchio creatosi dallo spirito umano nelle sue prime intuizioni — *la discordia degli elementi*: e confermò la verità del principio che la natura, razionalmente considerata, sottoposta cioè nel suo insieme al lavoro del pensiero, è l'unità nella diversità dei fenomeni, è l'armonia fra cose dissomiglianti per la forma, per la costituzione propria, per le forze onde sono animate. Il perchè Humboldt afferma che « il risultato più importante d'uno studio razionale della natura si è di scuoprire la unità e l'armonia in questa immensa riunione di cose e di forze. Sulla quale via è dato all'uomo, mostrandosi degno de'suoi alti destini, di comprendere la natura, di svelare qualcuno de'suoi segreti, di sottomettere agli sforzi del pensiero, alle conquiste dell'intelligenza i fatti dalla osservazione raccolti » (1). — E questa lode, che si conviene a Galileo, a Newton, a Volta, la storia concede pure a Beniamino Franklin. — Il quale non un solo studia i fenomeni cosmici, ma le speculazioni della propria mente traduce in applicazioni di pubblica utilità: chè egli, senza punto sminuire il sentimento di stupore, che in noi fa nascere lo spettacolo grandioso ed imponente del fulmine e del tuono, ci insegna il facile modo di evitare i danni di questa tremenda meteora.

Che cosa è il fulmine? Ecco la questione che i filosofi di ogni tempo fecero a se stessi, e che non sciolta si tramandarono di secolo in secolo. — E che non fu detto, e non si dice tuttavia, dal volgo intorno a questo singolare fenomeno?

Non è, per fermo, intendimento nostro di registrare qui tutto che di strano, di superstizioso e di ridicolo si è immaginato intorno al

(1) Humboldt. *Cosmos*, tomo I, pag. 3.

fulmine: bensì giudichiamo non inutile cosa lo accennare la genesi della idea, cui Franklin pose il suggello della certezza e della verità.

Fra i discepoli della scuola Jonica Anassimandro crede che il fuoco degli astri, venendo in contatto con le nubi fredde, rumoreggi e folgori nell'atto che le squarcia. — Anassagora dice il tuono prodotto dal cozzo delle nubi, ed il lampo dal loro fregamento. — Anassimene, anch'esso della scuola di Talete, dice che l'aria rinchiusa in densa nube genera il lampo, la folgore e il tuono, quando riesce a sciogliersi dalla prigione, che la rinserra ⁽¹⁾.

Nella scuola di Atene si credeva con Socrate che l'aria rinchiusa nelle nubi, grandemente dilatandosi, le squarciasse, e con pari violenza urtando contro l'aria esterna si infiammasse e tuonasse.

Aristotele nella sua *meteorologia* osserva che il calor solare toglie esalazioni alla parte solida della terra, e vapori alla parte liquida, e li innalza nelle regioni dell'aria. Le prime, spiritose ed aride, s'infiammano pel rapido movimento del fluido, di cui l'atmosfera è il campo d'azione; i secondi, perchè umidi, formano le nebbie, la pioggia, la neve e la grandine, secondo il grado di raffreddamento che provano.

Empedocle, della scuola di Pitagora, deriva il fuoco delle nubi dai raggi del sole. — Epicuro crede, come Anassagora, che i lampi nascano dal fregamento delle nubi fra loro, ma assegna una diversa origine al tuono ed al fulmine. Causa del primo sono i venti, che si urtano con fracasso nella cavità delle nubi: questi venti medesimi squarciandosi poscia le nubi, in cui sono prigionieri, con un fuoco che si precipita sulla terra, danno origine al fulmine.

In tempi a noi più vicini Cartesio nel settimo discorso sulle meteore dice che i temporali accompagnati da tuoni, da lampi, da turbini e da fulmini, sono prodotti da che più nuvole essendo poste le une sopra le altre, le più alte d'un tratto si precipitano sulle più basse e le trascinano sovr'altre nubi con grande strepito e velocità.

(1) Plutarco. *De placitis philosophicis*, lib. II, cap. 15.

Meno inverosimile, fra tutte le precedenti, è la opinione emessa dal celebre Ermanno Boerrhaave nel suo trattato del *fuoco*.— Suppose egli che le particelle acquee, che l'azione solare innalza nell'aria venendosi a riunire insieme, sotto forma di nubi, nelle alte e fredde regioni dell'atmosfera, si condensino in masse di ghiaccio atte a riflettere la luce ed il calore del sole. Che se più nuvole sono in tal guisa rispettivamente disposte da produrre lo effetto di più specchi concavi, coi fochi convergenti in un foco comune, i raggi solari, per riflessione in esso adunati, debbono produrre un gagliardo calore. — Il primo effetto del quale calore sarà una dilatazione notevole nell'aria circostante: onde formasi quasi una specie di vuoto nello spazio racchiuso fra le nubi. Se allora queste mutano di posizione, e conseguentemente cessano i fochi, o mutano per lo meno ancor essi di luogo, l'aria, l'acqua, la neve, la grandine, e generalmente tutto che attornia quel vacuo, ma soprattutto le grandi masse di ghiaccio, che formano le nuvole stesse, corrono precipitose a riempirlo, cozzando violentemente fra loro. Quanto enorme è la velocità del movimento, che incalza queste materie, altrettanto rapido ed impetuoso ne risulta pure lo strofinamento: e da esso non solo nasce lo strepito ed il fragore del tuono, ma si promove eziandio l'accensione delle materie solforose, grasse ed oleose, onde l'aria è soprattutto carica durante i grandi calori. Non è quindi a maravigliarsi, conchiude Boerrhaave, che il tuono sia pressochè sempre accompagnato da lampi.

Sarebbe fuor di proposito lo istituire un gindizio comparativo intorno a queste ipotesi: perocchè tutte muovono da principii non ammessi dalla scienza moderna. Diremo solo di passaggio come le opinioni dei filosofi antichi non presentino quasi differenze fra loro; e quella stessa di Cartesio poco si discosti dai pensamenti dei filosofi greci. — La ipotesi di Boerrhaave, che ultima accennammo, perchè tale eziandio nel tempo ⁽¹⁾, già compare vestita delle forme severe assunte dalla

(1) Ermanno Boerrhaave nato a Voohroot in Olanda nel 1668, morì a Leida nel 1738.

scienza nel suo rinnovamento; e ci rappresenta, direi quasi, un episodio della lotta dello spirito umano nel rintracciare la origine dei fenomeni cosmici. Essa tuttavia cadde tosto nell'abbandono, non appena si incominciarono ad intravedere le analogie della elettricità e del fulmine.

Queste analogie apparvero dapprima a Wall ed a Grey, siccome altrove fu detto (1). Quegli dalla luce, che sprigionasi dall'ambra strofinata, e questi dalla scintilla, che traesi dal corpo umano e dai conduttori elettrizzati, entrambi poi dallo strepito che s'accompagna alla elettrica luce, giudicarono della identità della causa produttrice di questi e dei fenomeni del fulmine e del tuono.

Le nuove conquiste fatte dalla scienza colla boccia di Leida confermarono i presentimenti dei fisici inglesi: onde il Nollet, pochi anni dopo Grey, già presentava la ipotesi della identità dei due ordini di fenomeni, come dotata di tale grado di probabilità da appagare lo spirito: più non mancandole quasi che il suggello della speranza. « Se qualcuno, dice egli, nelle sue lezioni di fisica, mercè una ordinata comparazione di fenomeni, imprendesse a dimostrare che il fulmine è nelle mani della natura ciò, che la elettricità è nelle nostre, — che le mirabili cose, che noi sappiamo suscitare ogni volta ne piaccia, sono piccole imitazioni de'grandi fenomeni naturali, che ci spaventano: e che tutto dipende da uno stesso meccanismo: — se si ponesse in evidenza che una nuvola preparata dall'azione dei venti, dal calore, dal miscuglio delle esalazioni, ecc. è rispetto ad un corpo terreste, come un corpo elettrizzato in presenza e ad una data prossimità d'un altro, che non lo sia: confesso che questa idea, ben discussa ed appoggiata, mi piacerebbe assai. — E a sostenerla quante ragioni non si presentano ad un elettricista? La universalità della materia elettrica, — la istantaneità di sua azione, — la sua infiammabilità e la sua proprietà di colpire esternamente i corpi, e di invaderli eziandio

(1) V. Periodo primo, pag. 21, 22. — Periodo secondo, sezione prima, pag. 46 e 47.

internamente fin nelle loro minime parti, — l'esempio singolare di questo fatto nella esperienza di Leida, e la logica supposizione di un maggior grado di virtù elettrica, ecc. — Tutti questi punti di analogia, che vo da qualche tempo meditando, cominciano a farmi credere che ben si potrebbero, prendendo l'elettricità per modello, proporre, a riguardo del tuono e de' lampi, opinioni più sane e più verosimili di quelle, che s'immaginarono fino al dì d'oggi » (1).

Egli tuttavia non proseguì le indagini, che gli venivano suggerite dalla comparazione dei fatti e dalle induzioni, che dirittamente ne scaturivano. — Fu Beniamino Franklin, che primo propose un modo di verificare la ipotesi della identità dei fenomeni elettrici terrestri ed atmosferici. — Egli, per confessione stessa del Nollet, fu il primo a concepire l'ardimentoso progetto di strappare la materia fulminea alle nubi, drizzando nell'aria verghe metalliche acuminate: egli inoltre fu il primo a dimostrarne l'analogia con la elettricità ordinaria, avvertendo che la sproporzione degli effetti naturali, e quelli delle nostre macchine non importa differenza di causa, ma solo accenna alla sproporzione tra i mezzi di cui la natura dispone, e quelli che immagina l'arte (2).

(1) Nollet. *Leçons de physique expérimentale*, tomo IV, pag. 314.

(2) Dopo che già conoscevasi la ipotesi di Franklin, un'altra ne volle creare l'abate Seguy professore nella Università di Parigi, e da lui pubblicata nel suo « *corso di filosofia* ».

Il tuono e il lampo, egli scrive, sono il risultato d'una fermentazione, che subiscono le esalazioni diverse ed i vapori, che dalla superficie della terra si innalzano nell'atmosfera. — Avviene cioè in queste materie quello stesso, che accade ad un miscuglio, in parti uguali, di limatura di ferro, di solfo e di acqua, posto a piccola profondità sotterra. Riscaldato dai raggi del solè, il miscuglio subisce una specie di fermentazione, della quale ci fa accorti la tumefazione della terra al medesimo sovrapposta. Questa poco dopo si fende, vomita alcune fiamme e poscia esplode con una violenta detonazione. — Al modo istesso i vapori e le esalazioni rinchiusi nelle nubi vi subiscono un moto di fermentazione e producono lampi e fulmini, che si annunziano con esplosioni tanto più forti, in quanto che a crescerne l'intensità concorrono le nuvole stesse ed i monti, oltre a moltissimi corpi atti a rifletterne il suono.

Occorre appena lo accennare la inammissibilità di tale ipotesi, che l'autore contrappose a quella di Franklin da esso prima confutata.

IX.

Produrre in piccolo col fluido elettrico i fenomeni, che sono dal fulmine prodotti in grande nell'atmosfera, gli è dedurre dalla identità degli effetti la unità della causa generatrice; — reciprocamente, produrre con la materia stessa del fulmine, prima raccolta ed accumulata in un conduttore, tutti i fenomeni elettrici, gli è porre in piena evidenza la identità della materia, che forma la scintilla delle nostre macchine, e costituisce il fulmine dell'atmosfera. — A questo mirò Franklin nelle sue ricerche. Studiando ad uno ad uno gli effetti del fulmine, tentò di imitarli e di riprodurli: — e vi riuscì.

Ecco i punti di rassomiglianza disposti nell'ordine stesso, in che furono da lui osservati, e sparsi nelle lettere dal medesimo scritte sulla elettricità, e specialmente in quelle indirizzate a Collinson.

1. Il fulmine e i lampi si sprigionano dalle nubi, i cui contorni sono sempre frastagliati ed irregolari, e fendono l'aria in dirzioni tortuose e a zig-zag: — la scintilla elettrica, che si ottiene a distanza da un corpo irregolare, non è mai rettilinea: essa appare serpeggiante nell'aria (1).

2. Il fulmine colpisce di preferenza gli oggetti più alti ed acuminati, che incontra nel suo cammino, le montagne, gli alti edifizi, i campanili, gli alberi, ecc.; il perchè gravissimo pericolo corre colui, che durante un temporale si ricovera sotto i medesimi. — In identica maniera il fluido elettrico invade di preferenza i conduttori acuminati (2).

3. Si muovono il fulmine e la scintilla con velocità egualmente prodigiosa.

4. Il fulmine sceglie sempre il miglior conduttore: — come pur fa la scarica d'una boccia di Leida, allorchè più circuiti conduttori formano una simultanea comunicazione tra le due armature (3).

(1) Lettera V a Collinson, pag. 47.

(2) Id. id. pag. 47 e 48.

(3) Id. id. pag. 48.

5. Il fulmine accende le sostanze infiammabili, che attraversa. — Franklin infiamma con la scintilla l'etere, l'alcool anche freddo, la resina e la polvere. Crede inoltre, che con più forti scintille, si possa infiammare anche il legno, come appunto avviene col fulmine (1).

6. Il fulmine fonde e volatilizza i metalli: — uguale effetto produce la scintilla, in virtù del calore, che l'accompagna, come Franklin apprese dalle sperienze di Kinnersley (2).

7. Identici sono gli effetti meccanici del fulmine e della scintilla: l'una e l'altra squarciano, forano, rompono i corpi, che oppongono resistenza al loro passaggio (3).

8. Il fulmine talvolta è causa di cecità, di paralisi e di morte degli animali, che percuote. — Di eguali effetti è pure capace una scarica gagliarda (4).

9. Analoghi ancora sono gli effetti magnetici: il fulmine toglie a calamite la loro virtù attrattiva, ad altre ne rovescia i poli: — parimenti con la scintilla si magnetizzano verghette di acciaio: e ad aghi calamitati si invertono i poli (5).

10. Finalmente il fulmine e la scintilla lasciano dietro a sè un medesimo odore particolare, come di solfo.

Tutti questi effetti, analoghi nel modo di loro manifestazione, differiscono solo nell'intensità: ma la differenza, che presentano, è pari a quella, che corre tra la superficie delle nostre maggiori macchine, che si riduce a pochi metri quadrati, e la superficie delle nubi fulminee, che coprono interi paesi. — D'altra parte, osserva Franklin, altri limiti non v' hanno alla intensità delle azioni elettriche all'infuori di quelli risultanti dalla *spesa* e dal *lavoro*. Imperocchè si possono

(1) Lettera V a Collinson, pag. 49. — Lettera VII a Collinson, 17 luglio 1750, pag. 86 e 87.

(2) Lettera V a Collinson, pag. 49. — Lettera VI al medesimo, pag. 64 e 65.

(3) Lettera V a Collinson, pag. 50.

(4) Lettera VI a Collinson, pag. 63.

(5) Lettera VII a Collinson, pag. 84 e 88.

riunire delle boccie di Leida in numero infinito, e tutte insieme scaricarle, come se fossero una sola: la forza e l'effetto saranno proporzionati al loro *numero* ed al loro *volume*. Per tal modo potrebbonsi superare eziandio i maggiori effetti del fulmine; abbenchè siffatta proposizione sembri a primo aspetto stravagante e poco meritevole di fede⁽¹⁾.

Un'ultima proprietà, non meno singolare delle altre, distingue il fluido elettrico: quella cioè di essere attirato dalle punte metalliche. « Ora noi non sappiamo, dice Franklin, se anch'esso il fulmine goda di tale proprietà. Ma poichè queste due sostanze si mostrano identiche in tutto, perchè anche in questo non dovranno accordarsi? Gioverebbe farne lo sperimento⁽²⁾ ».

Per decidere se le nubi, che racchiudono il fulmine, sono elettrizzate o non, egli propone la seguente sperienza, da tentarsi in tempo e luogo opportuni. Sovra la sommità di un'alta torre o d'un campanile si collochi una specie di casotto da sentinella, grande abbastanza da

(1) Lettera I di Franklin a Cadwalader Colden, 1734, pag. 89.

(2) Al Dottor Lining di Charles-Town, che domandava a Franklin donde gli fosse venuta la prima idea dello sperimento di attirare il fulmine per riconoscere la identità col fluido elettrico, questi rispose nei termini seguenti:

« Io non posso meglio rispondere alla questione che mi fate, che mandandovi copia delle note, che soglio conservare, delle sperienze, che vo facendo e dei *memento* di quelle, che mi propongo di imprendere, con le ragioni, cui mi appoggio e con le osservazioni, che ne risultano: note, da cui traeva in seguito la materia delle mie lettere. — Voi vedrete da questa copia che la mia idea non era tanto fuor di mano, e che non v'era punto elettricista, cui non potesse la medesima presentarsi ».

« 7 novembre 1749. Proprietà comuni al fluido elettrico ed al fulmine: 1. di produr luce — 2. il colore di questa luce — 3. la direzione a zig-zag — 4. la rapidità del movimento — 5. la facilità di propagarsi attraverso ai metalli — 6. il rumore della esplosione — 7. il sussistere nell'acqua o nel ghiaccio — 8. lo squarciare i corpi che attraversa — 9. l'uccidere animali — 10. il fondere metalli — 11. l'accendere sostanze infiammabili — 12. l'odore solforoso. — Il fluido elettrico è attirato dalle punte. — Noi non sappiamo se il fulmine ha questa proprietà. — Ma poichè queste sostanze s'accordano compiutamente in tutti i punti di confronto sinora ricercati, non è egli probabile che in questo pure si accordino? — Sarebbe a proposito il farne lo sperimento ».

V. Lettera al Dottor Lining di Charles-Town, 18 marzo 1755, pag. 184.

contenere uno sgabello isolatore. — Dal mezzo dello sgabello si innalzi una sbarra di ferro, la quale esca, curvandosi, fuori della porta, e quindi si rialzi verticalmente sino a venti o trenta piedi d'altezza e si termini in punta assai acuminata. Se lo sgabello, a gambe di vetro, è ben secco, l'uomo che vi sta sopra, allorchè le nuvole elettrizzate si abbasseranno alquanto, potrà essere elettrizzato e dar scintille: poichè la verga di ferro, a guisa d'un conduttore presso la macchina elettrica, gli attirerà il fuoco della nube. — Ad evitare tuttavia ogni pericolo, non si collochi lo sperimentatore sullo sgabello, sibbene sul pavimento del casotto, e tenendo con un bastone di ceralacca il capo d'un filo metallico, fissato alla lastra di piombo, che ricopre il casotto, accosti di tempo in tempo il filo alla sbarra. Se questa è elettrizzata, le scintille passeranno dalla sbarra nel filo, senza offender punto la persona (1).

X.

• Pubblicando Franklin le sue congetture sulla identità delle meteore ignee e del fuoco elettrico, suggeriva agli elettricisti il modo di sperimentalmente verificarle.

• Frattanto mentre egli attendeva che in Filadelfia si eseguisse la costruzione d'un campanile per collocarvi il descritto apparecchio, il fisico francese Dalibard, pensando che una semplice sbarra di ferro acuminata avrebbe potuto, con eguale facilità, trarre il fuoco dalle nuvole temporalesche, traduceva in atto la proposta di Franklin.

In una bella ed alta pianura di Marly-la-Ville presso Parigi, Dalibard drizza una verga di ferro, di un pollice di diametro, alta quaranta piedi, acuminata alla sua parte superiore, ed armata ancora di altra punta più acuta d'acciaio, temprata e brunita, perchè non s'irrugginisse al contatto dell'aria. La sbarra metallica era infissa sopra

(1) Lettera VI a. Pietro Collinson, 1751, pag. 63 e 64.

uno sgabello isolatore collocato in un piccolo casotto di legno, legato in alto a tre pali per mezzo di cordoni di seta, anch'essi riparati dalla pioggia.

Fu questa la prima macchina, cui fu commesso l'ufficio di interrogare le nubi temporalesche. — Due esplorazioni potevansi fare con essa durante un temporale: osservare cioè se la sbarra di ferro presentasse apparenze luminose somiglianti a quelle, che hanno luogo sulle punte metalliche immerse nella sfera d'attività d'un conduttore elettrizzato; e trarre la elettrica scintilla dalla sbarra. Assai più della prima importava la seconda: quella cioè di provocare la scintilla, con che sarebbesi dissipata ogni dubbio intorno alla elettricità delle nubi. — Ma a prevenire i danni, che potevano derivare allo sperimentatore, traendo la scintilla direttamente con la mano, Dalibard immaginò di ricavarla col mezzo d'un eccitatore formato da un arco metallico munito d'un manico isolatore di vetro.

Il giorno 10 maggio 1752, fra le due e le tre ore pomeridiane, uditosi un forte colpo di tuono, la persona che di ciò aveva avuto lo incarico, accosta l'eccitatore alla spranga, e tosto vede uscirne una piccola e viva scintilla, e ne ode il rumore: poscia una seconda ne trae più rumorosa della prima e più viva. E più volte, e da altre persone, si rinnova il singolare spettacolo, mentre il temporale si scioglie in gragnuola. Infine, dopo un quarto d'ora, portata altrove dal vento la nuvola temporalesca, cessano pure i fenomeni elettrici (1).

La esperienza di Dalibard venne tosto ripetuta, e con eguale successo, da De-Lor, da Buffon, da Mazeas, da Berthier e da Lemonnier. Il 18 maggio 1752 (otto giorni dopo lo sperimento di Dalibard) il Prof. De-Lor, in un suo giardino a Parigi, sovra una stacciata di resina dello spessore di tre pollici, e di due piedi di lato, drizza una

(1) Dalibard. *Lettres de Franklin*, vol. II, pag. 109. — *Mémoires de l'Académie des sciences de Paris pour l'année 1752*. — Priestley. *Hist. de l'électr.*, tom. II, pag. 159 e seg. — V. *Phil. trans. abrid.* 1752, Lettera dell'abate Mazeas prof. di filosofia nell'Università di Parigi al Dottor Hales della Società Reale di Londra.

sbarra di ferro, alta novantanove piedi: e mentre al disopra della medesima passa, a notevole altezza, una nube, che senza tuoni e senza lampi si scioglie in poca grandine mista a pioggia, anch'esso ne trae numerose scintille. Queste sperienze furono poscia ripetute da De-Lor alla presenza del re di Francia ⁽¹⁾.

Ad accrescere ed accumulare la quantità del fluido elettrico, che nelle prime sperienze in poca copia raccoglievasi dalle nubi, si aggiunse alla sbarra un apparecchio, cui diedesi il nome di *magazzino di elettricità*, composto di parecchie sbarre di ferro isolate, e comunicanti con la sbarra principale acuminata. — Uno di siffatti apparecchi dispose l'abate Mazeas in una camera della sua casa, attirando al medesimo il fuoco delle nubi con una pertica di legno, sporgente dalla finestra ed avente alla sua estremità un tubo di vetro, pieno di resina, nel quale era infissa una verghetta di ferro, lunga dodici piedi, e comunicante con le sbarre metalliche ⁽²⁾.

La esplorazione delle nubi temporalesche fu pur tentata dal padre Berthier e dal Lemonnier. — Quegli drizzò una sbarra metallica sulla casa dei Padri dell'Oratorio a Montmorency. — Questi a S. Germano in Laye, dove allora esercitava la medicina, piantò nel suolo, in luogo piano, una pertica, alta trentadue piedi, terminante in un tubo di vetro, dal quale si innalzava una verga di ferro, sormontata da un'acutissima punta. Da questa un filo metallico scendeva entro un casotto, come quello di Dalibard, costruito secondo le norme suggerite da Franklin.

Lemonnier si convinse dell'identità della materia del fulmine e dell'elettricità ottenuta con l'arte, poscia che vide il fuoco delle nubi accumulato sovra cilindri di carta dorata, e sovra conduttori posti in comunicazione con la punta metallica produrre gli stessi effetti, che la elettricità ordinaria produce. — Egli osservò che un uomo isolato

(1) Priestley. *Hist. de l'électr.*, tom. II, pag. 163 e seg.

(2) Id. id. pag. 164 e 165.

sovra stacciate di resina, tenendo in mano un'asta di legno, lunga trentadue piedi, sulla quale era avvolto un filo di ferro, all'occasione di temporali accompagnati da tuoni, elettrizzavasi così, che dal suo corpo potevansi trarre vive scintille. — Bastava talvolta il semplice isolamento della persona, perchè questa, levando in alto una mano, attirasse con l'altra la segatura di legno ed altri corpi leggeri. — Con queste sperienze Lemonnier dimostrò che le due condizioni della molta sottigliezza delle punte, e della grande loro elevazione non erano assolutamente indispensabili per trarre il fuoco dalle nubi temporalesche: e in ciò lo confermò viemmeglio il fatto che sei sbarre prismatiche di ferro, della grossezza di un pollice quadrato, isolate sopra bottiglie di vetro e non acuminate manifestarono un sensibile elettrizzamento (1).

Non è a dirsi di quanta sensazione di stupore sia stato cagione lo straordinario avvenimento, onde erano solennemente confermate le idee di Franklin intorno allo stato elettrico delle nubi temporalesche. La notizia ne corse in un baleno per tutta Europa: e Canton, Wilson e Bevis in Inghilterra, e Richman a Pietroburgo e i fisici dell'Alemagna si adoperarono a ritentare con avidissima curiosità le fortunate sperienze dei fisici francesi. — Anch'essi gli italiani (tra i quali principalmente il Padre G. B. Beccaria) parteciparono alla nobilissima gara, nè certamente furono da meno degli altri.

Dei lavori compiutisi in Italia proponendoci di trattare diffusamente altrove, ci limitiamo qui ad esporre i risultati delle sperienze dei fisici stranieri.

Parecchi membri della *Società Reale* di Londra, appena avuta contezza dell'esito degli esperimenti istituitisi in Francia, apprestarono e disposero quanto bisognava per ottenerli a loro volta. Ma fu delusa

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences de Paris pour l'année 1752.* — *Phil. trans. abrid.*, vol. XLVII, pag. 550. — *Priestley. Hist. de l'électr.*, tom. II, pag. 165 e seg.

l'aspettazione loro in quell'estate in causa della bassa temperatura e della umidità straordinaria. Si ebbe infatti a Londra, in quella stagione, un solo temporale, e fu il 20 luglio, con tuoni accompagnati da pioggia, che bagnò gli apparecchi; onde la elettricità si disperse prima di manifestarsi. Tuttavia Canton, più fortunato de' suoi colleghi, riuscì in quel giorno medesimo, a trarre alcune scintille da un semplice apparecchio innalzato a Spital-Square (1).

Dopo molti infruttuosi tentativi, il 12 agosto 1752, Wilson in un giardino presso Chelmsford in Essex, otteneva, sul finire d'un temporale, delle scintille da una verghetta di ferro isolata sopra una bottiglia, ed armata superiormente di tre aghi. — Tenendo egli con una mano la bottiglia di vetro, traeva scintille dalla verga metallica, accostandole l'altra mano.

Uguali risultamenti ebbe il Dottor Bevis dalle sperienze istituite in quel giorno a Johns-Gate (2).

In queste prime esplorazioni, accostando la mano alle sbarre metalliche isolate nell'aria, facevano i fisici soverchiamente a fidanza

(1) Canton annunziò l'esito delle sue sperienze con la lettera seguente indirizzata a W. Watson, il 21 luglio 1752:

« Ebbi jeri, verso le cinque ore di sera, occasione di tentare lo esperimento di Franklin per tirare il fuoco elettrico dalle nubi, e vi riuscii a mezzo di un tubo di latta, lungo da tre a quattro piedi, fissato sovra un tubo di vetro di circa dieciotto pollici. All'estremità superiore del tubo di latta, che era meno alto dei camini della casa, aveva attaccato tre aghi con un filo metallico; e saldato alla estremità inferiore un coperchio di latta per riparare dalla pioggia il tubo di vetro, ch'era sostenuto verticalmente da un piede di legno. — Corsi all'apparecchio appena udii un colpo di tuono; ma non ebbi segni elettrici che dopo il terzo colpo. Allora accostando la nocca del dito ebbi una scintilla; e poscia un'altra ne trassi e vivissima, alla distanza di un mezzo-pollice. Le scintille si ripeterono da quattro a cinque volte nell'intervallo di un minuto, facendosi tuttavia sempre più deboli: sicchè in meno di due minuti il tubo di latta cessò dal dare segni elettrici. — Durante l'esperimento, il tuono era accompagnato da una pioggia continua, sebbene leggera. »

V. *Phil. trans. abrid.* Vol. XLVII, pag. 568.

(2) V. Lettera di Watson alla Società Reale di Londra intorno le sperienze elettriche fatte in Inghilterra sulle nubi temporalesche, pubblicata nelle *Transazioni filosofiche*, vol. XLVII, pag. 568 e seg.

col fuoco elettrico delle nubi. Ma tosto alle scosse violente, che ne risentirono Lemonnier e Berthier ⁽¹⁾ si aggiunse lo sciagurato avvenimento, di cui fu vittima il Prof. Richman di Pietroburgo, ad avvertirli che maggior cautela volevasi usare in cosifatte sperienze. Chè stando egli presso la sbarra, che dal tetto della casa scendeva nella sua camera, una gagliarda scintilla, spiccatasi da quella, lo rovesciava a terra, fatto istantaneamente cadavere ⁽²⁾.

(1) V. Delibard. *Oeuvres de Franklin*, vol. II, pag. 119.

(2) Dal rapporto trasmesso alla *Società Reale* di Londra ricaviamo i seguenti particolari intorno al luttuoso avvenimento:

Richman servivasi di un strumento, da lui denominato *gnomone elettrico*, per misurare la forza dell'elettricità accumulata nella sbarra. — Questo gnomone si componeva di una verghetta metallica finiente in un piccolo vaso di vetro, nel quale era alquanto limatura di rame. Al capo superiore della verghetta era attaccato un filo pendente lungo la verghetta medesima finchè questa non era elettrizzata. Un quarto di circolo fissato a capo della verghetta serviva a misurare l'angolo di deviazione del filo, durante l'elettrizzazione della verghetta. La varia grandezza di quest'angolo rappresentava la forza dell'elettricità accumulata nella verghetta e nella sbarra.

Il 6 agosto 1753 Richman, in piedi dinanzi al suo apparecchio, osservava gli effetti dell'elettricità delle nubi sul gnomone. Lo assisteva il disegnatore Solokow, cui aveva dato incarico di rappresentare que' fenomeni con adatte incisioni. — Questi d'un tratto vide un globo di fuoco azzurrognolo, slanciarsi dalla verghetta del gnomone alla testa di Richman, e rovesciarlo a terra, mentr'egli pure cadeva privo di sensi. Il filo di ferro che portava l'elettricità dalla sbarra alla verghetta fu diviso in pezzi; rotto il vaso di vetro e la limatura dispersa nella camera.

Inefficaci furono i tentativi fatti per richiamare alla vita il prof. Richman. — Due volte gli fu aperta una vena, ma non uscì sangue: e fu stropicciato per tutto il corpo, ma non diede più segno di vita. — Sul fronte dove fu percosso dalla scintilla era una macchia rossa, dalla quale uscì alquanto sangue, senza che ne fosse squarciata la pelle. La scarpa del piede sinistro si trovò bucherata e bruciata: e scuoprendone il piede, in quel punto si vide una macchia azzurra, donde si conchiuse che il fulmine entrato nel corpo per la testa, era uscito dal piede. — In tutte le parti del corpo e specialmente sopra il dorso erano sparse macchie rosse ed azzurre, e gli abiti n'erano in qualche parte bucherati.

Fattasi l'autopsia nel giorno successivo si ebbero i seguenti risultati: intatto il cranio ed illeso il cervello. — Nella trachea e nella cavità toracica un po' di sangue stravaso. — Sani i polmoni e non lesi il tubo alimentare, eccetto l'esofago e gli intestini tenui. — Quarantotto ore dopo la fulminazione era il cadavere straordinariamente corrotto.

V. *Philos. trans.*, vol. XLVIII, parte II, pag. 763. — Id. vol. XLIX, parte I, pag. 67.

Le sperienze istituite quasi simultaneamente dai fisici d'ogni parte d'Europa, posero fuori di dubbio la identità del fluido, che la natura eccita e muove entro le nubi, e di quello che l'arte sprigiona dalle macchine elettriche.

Invero il fuoco delle nubi raccolto da una sbarra metallica in un conduttore isolato attrae i corpi leggeri immersi nella sua sfera d'attività. — Da esso si slancia sotto forma di scintille poco rumbrose, ma più vive e pungenti d'assai, che non quelle, che si ricavano da un conduttore ordinario elettrizzato con la macchina elettrica. — Diretta sull'alcool questa scintilla e sovra altri corpi infiammabili, che la ordinaria scintilla è capace di accendere, essa pure a sua volta li accende. — Infine col fluido di una nube temporalesca si caricano boccie di Leida e batterie, le quali producono gli effetti medesimi, che si ottengono allorchè gli apparecchi sono caricati col fuoco elettrico ordinario. — E in generale, non v'ha effetto fisiologico, meccanico, o fisico della elettricità ordinaria, che non possa perfettamente imitarsi col fuoco raccolto dalle nubi.

Mentre in Europa si compivano le accennate sperienze, analoghi risultamenti, e con mezzi non guari diversi, ottenevansi in America. — A Franklin non venne tosto in pensiero che allo sperimento da lui progettato potessero servire le verghe metalliche isolate e drizzate semplicemente dal suolo nell'atmosfera. Ignorando d'altronde la felice applicazione fattane dal francese Dalibard, immaginò che a'suoi fini avrebbe potuto ugualmente giovare un cervo volante lanciato nella direzione di una nube temporalesca. Perciò disposti in croce due bastoni di legno, vi distese sopra un largo fazzoletto di seta: armato poscia questo cervo volante d'una punta metallica, vi attaccò una funicella di canape portante una chiave, e terminante in un

nastro di seta ⁽¹⁾. — Alla prima minaccia di temporale egli corse alla aperta campagna per tentare il vagheggiato sperimento, accompagnato solamente dal proprio figlio, perciocchè, al dire di Priestley, temeva il ridicolo, con cui dagli invidiosi e dai maligni non di rado si accolgono i tentativi scientifici, allorchè sfortunato ne è l'esito. Una prima nuvola passò senza che il cervo volante, più volte lanciato nella direzione di quella, desse il menomo indizio di elettricità: onde già cominciava a disperare dell'esito, quando gli venne fatto di scorgere che alcuni fili sparsi della funicella si alzavano e respingevano, quasi fossero sospesi al conduttore d'una macchina. Rianimato allora nelle sue speranze accostò alla chiave la nocca del dito: e n'ebbe una scintilla seguita poscia da altre così numerose e vivaci da poterne caricare boccie di Leida, ed accendere liquori, dopo che la pioggia aveva inumidita la funicella di canape. — Era finalmente tradotta in verità evidentissima la ipotesi, ch'egli da assai tempo vagheggiava

(1) Con le seguenti parole Franklin descrive a Pietro Collinson il cervo volante da lui adoperato:

« Fate una croce con due hastoncini d'abete, lunghi abbastanza da potervi sopra distendere un ampio fazzoletto di seta, che si lega pei quattro capi alla estremità della croce: sarà questo il corpo del cervo volante: il quale munito d'una coda, d'una briglia e d'uno spago si alzerà nell'aria al paro di quelli, che son fatti di carta. Ma questo, che è di seta, meglio resiste al vento ed alla pioggia senza squarciarsi. — Ora si attacchi alla sommità della croce una punta metallica, sporgente un piede almeno fuori della croce. All'estremità della funicella, presso la mano, si annodi un nastro di seta, e da ultimo si attacchi una chiave dove il canape si unisce alla seta. — Si innalzi il cervo volante quando v'ha minaccia di tuono, e lo sperimentatore sia al riparo della pioggia, affinchè non si bagni il nastro di seta. Allorchè la nuvola temporalesca passerà al disopra del cervo volante, la punta metallica, onde è munito, attrarrà il fuoco elettrico, e il cervo volante sarà elettrizzato e i filamenti sciolti del canape saranno attirati dalla mano che loro si accosta. — E quando la pioggia avrà bagnato il cervo volante e la funicella, sicchè possano facilmente condurre il fuoco elettrico, voi vedrete che questo si slancia in molta copia dalla chiave, accostandole il dito. — A questa chiave si può caricare la boccia di Leida, accendere liquori spiritosi, ed eseguire tutte le altre sperienze elettriche, le quali ordinariamente si fanno col mezzo d'un globo o d'un tubo di vetro strofinato. — E per tal mezzo la identità della materia elettrica con quella del fulmine è compiutamente dimostrata.

V. Franklin. Lettera VII a Collinson, 19 ottobre 1752, pag. 114 e 115.

Divulgatasi frattanto la notizia delle sperienze d'America, lungamente disputarono i fisici se a Franklin, oppure a De Romas si dovesse attribuire la priorità della applicazione dei cervi volanti alla elettricità. — Noi osserviamo in proposito che alla priorità di alcuni giorni nel tempo di esecuzione dello sperimento, la quale potrebbe militare più in favore dell'uno che dell'altro, non debbesi, nel caso concreto, assegnare un grande valore: perciocchè la enorme distanza, che separava i due sperimentatori, rendeva impossibile a ciascuno di essi il conoscere le esperienze dell'altro. Ammessa pertanto la contemporaneità delle esperienze, sembra pur naturale che ad entrambi si debba concedere un'ugual parte di merito nella applicazione degli accennati apparecchi.

Non vuolsi tuttavia dimenticare che la prima idea delle ricerche, di cui fu discorso finora, e i pratici suggerimenti intorno al modo di compierle, debbonsi incontrastabilmente a Franklin. — Egli infatti, anzichè maturare nel segreto que' pensieri, onde poteva venirgliene merito maggiore, perchè non diviso con altri, incompleti quali erano, preferì pubblicarli, perchè fossero occasione ed eccitamento ai dotti per affrettare il progresso della scienza. Della quale liberalità, troppo raramente imitata, la storia rende omaggio all'americano filosofo. Primo anzi a dargliene il merito fu Dalibard medesimo: il quale, annunciando all'Accademia delle scienze di Parigi l'esito dello sperimento da lui fatto il 10 maggio, incomincia il suo rapporto con queste parole:

del fluido raccolto nel conduttore. — Tosto dopo si udirono tre esplosioni nell'intensità pari a quella dei razzi, e simultaneamente apparve una scintilla lunga 8 pollici e larga 5 linee, la quale dietro sè lasciò un odore di solfo. — Cessati i fenomeni elettrici si vide sotto al tubo di latta un buco della profondità di un pollice e di mezzo pollice di diametro.

Altra volta, e fu il 28 agosto 1756, si sprigionò dal conduttore, unito al cervo volante, una scintilla veramente maravigliosa: perocchè essa era lunga circa 19 piedi e larga più di un pollice.

V. *Mémoires de mathématique et de physique présentées à l'Académie par des savants étrangers.*

« Seguendo la via che a noi fu segnata da Franklin n'ebbi il più soddisfacente risultato »; e lo chiude con la seguente non meno esplicita dichiarazione: « Risulta da tutte le sperienze ed osservazioni riferite in questa memoria, e specialmente dall'ultima esperienza istituita a Marly-la-Ville, che la materia del fulmine è incontestabilmente la stessa che quella dell'elettricità. L'idea che n'ebbe Franklin non è più una congettura, ma una realtà: ed oso credere che più si mediteranno gli scritti di lui sull'elettricità, e più si vedrà quanto per ciò a lui debba la fisica ».

Laonde chiunque voglia portar giudizio dei lavori e delle scoperte di Franklin ha da ricordare le parole, con cui Franklin medesimo, scrivendo a Collinson, poneva fine alla esposizione di alcuni suoi dubbi intorno all'elettrizzamento delle nubi: « questi pensieri, egli scriveva, sono di primo getto, e per la maggior parte appena abbozzati: ond'io, se altra ambizione non avessi, che di farmi una qualche riputazione tra i filosofi, in me stesso li custodirei, sino a che il tempo e la sperienza condotti li avessero a maggiore esattezza e perfezione. — Ma poichè la comunicazione delle idee anche più semplici, e delle sperienze le meno esatte non di rado produsse buoni effetti, attirando sovr'esse l'attenzione dei dotti, e porgendo per ciò occasione a ricerche più esatte, e a più importanti scoperte, voi potete liberamente comunicare questo scritto a chiunque vi piaccia: chè gli è cosa più importante lo agevolare i progressi delle scienze, che non il fare considerare l'amico vostro come un perfetto filosofo » (1).

XII.

A raccogliere più facilmente la elettricità delle nubi, e quindi sperimentare con essa, ogni volta che l'atmosfera ne contenesse in quantità sufficiente, Franklin drizzò, nel settembre del 1752, sul tetto

(1) Franklin. Lettera IX a Pietro Collinson, settembre 1753, pag. 130.

della propria casa, una spranga acuminata di ferro, e la munì di due piccole campanette, che col loro suono l'avvertissero, ogni volta che la sbarra sarebbesi elettrizzata: e con essa si fece a studiare le variazioni nello stato elettrico delle nubi. Egli trovò che le campanette talvolta suonavano benchè una nuvola scura soltanto, senza lampi e senza tuoni, sovrastasse alla sbarra; il suono altra volta s'arrestava, dopo un lampo; ovvero cominciava con l'apparizione del medesimo. L'elettricità era talvolta sì debole, che appena a lunghi intervalli di tempo potevasi trarre una scintilla. Tal altra invece le scintille si succedevano rapidissime così, da formare quasi una corrente continua di fluido.— E queste variazioni d'intensità elettrica si manifestavano anche durante un medesimo temporale ⁽¹⁾.

A riconoscere la specie di elettricità, ond'erano cariche le nubi, Franklin immaginò di caricare una boccia di Leida col fuoco trasmesso dal lampo alla verga metallica, e di caricarne a un tempo un'altra col fuoco della macchina elettrica: postele quindi sopra una tavola, distanti fra loro tre o quattro pollici, sospendeva in mezzo ad entrambe una sfericciuola di sovero. Argomentò egli che se la elettricità della boccia caricata col fuoco delle nubi era positiva, come quella della seconda elettrizzata dal conduttore della macchina elettrica, la sfericciuola, attirata prima e poscia respinta da una, avrebbe pur dovuto essere respinta dall'altra. Che se poi le elettricità loro erano opposte, la sfericciuola sarebbe stata alternamente attirata e respinta da ciascuna di esse, sino a che le rispettive loro cariche fossero quasi per intero dissipate ⁽²⁾.— Questi sperimenti gli

(1) Franklin. Lettera IX a Pietro Collinson, settembre 1753, pag. 447.

(2) A questo metodo di esplorazione dello stato elettrico delle nubi Franklin aggiunse i seguenti, che egli descrive nella lettera X indirizzata a Collinson.

Allorchè le campanette suonano, dice egli, accostate a quella che è unita alla sbarra acuminata un tubo strofinato: se la nube è negativamente elettrizzata lo scampanio cesserà; e si farà per contro più vivo se la nube è in istato elettrico positivo.— Oppure sospendete una piccolissima sfericciuola di sovero ad un filo

riuscirono il 12 aprile 1753. Ripetuti più volte in quel giorno, e poscia all'occasione di altri temporali in quell'anno, vide sempre la pallottola di sovero correre dall'una all'altra delle armature interne delle boccie di Leida: onde conchiuse che sempre le nuvole temporalesche erano negativamente elettrizzate.

Tuttavia quest'ultima conclusione non tardò a mostrarglisi troppo generale ed assoluta: poichè il giorno 6 di giugno dell'anno medesimo, in un temporale, che durò dallo cinque alle sette pomeridiane, fra più nuvole negativamente elettrizzato una ne trovò, ch'era fornita di elettricità positiva. Onde mutò la sua prima conclusione in quest'altra: che le nuvole fulminee sono per lo più in uno stato elettrico negativo; ma qualche volta eziandio in uno stato positivo.— Alla medesima conclusione, e in un modo più generale, quasi contemporaneamente giungeva l'illustre fisico inglese Canton. Egli infatti riconobbe con molte sperienze che talune nubi erano positivamente elettrizzate, ed altre negativamente; ed osservò che lo stato elettrico delle medesime cangiava talora da cinque a sei volte in meno di mezz'ora⁽¹⁾. — Notò inoltre con grande assiduità ed esattezza il frequentissimo elettrizzamento degli apparecchi esploratori, e le variazioni di natura e di intensità nel loro stato elettrico, le quali non solo si manifestavano durante i temporali, ma bensì per un semplice cangiamento di stato nel cielo, ed eziandio per la caduta della pioggia e della neve⁽²⁾.

di seta così, che vicinissima penda alla campanetta della sbarra: appena quest'ultima sarà dalla nube elettrizzata positivamente o negativamente, la sfericciuola verrà tosto respinta. Mentre questa si mantiene lontana dalla campanetta le si accosti un tappo di vetro, a testa rotonda, strofinato. Se l'elettricità della sfericciuola è positiva, vi sarà ripulsione; in caso contrario, si precipiterà sovra il vetro.

V. Lettera X a Collinson, pag. 131 e 132.

(1) *Phil. trans.* — Memoria presentata da John Canton alla Società Reale di Londra, il 6 dicembre 1753. Vol. XLVIII, parte I, pag. 356. — *Œuvres de Franklin*, Vol. I, pag. 133 e seg.

(2) *Phil. trans.* — Memoria di Canton ecc. Vol. XLVIII, parte II, pag. 785. — *Œuvres de Franklin*. Vol. I, pag. 139.

XIII.

Ma qualunque pur sia lo stato elettrico delle nubi, donde viene questa elettricità, che in esse si manifesta coi grandiosi fenomeni del lampo, della folgore e del tuono?

Franklin suppose dapprima (nel 1747) che il mare fosse il grande serbatoio donde le nubi traessero il fuoco elettrico: e tale ipotesi appoggiò al fatto della luce, che sovr'esso appare nella notte, al meno agitarsi delle onde; luce che mai si vede nell'acqua dolce. — Stabilito il principio che lo strofinamento tra un corpo non elettrico, ossia conduttore, ed un corpo originariamente elettrico, ossia coibente, produce il fluido elettrico, non già creandolo, sibbene raccogliendolo dai corpi vicini — posciachè è desso universalmente diffuso nella materia; — egli considerò l'oceano come composto di acqua e di sale: corpo anelettrico il primo, ed originariamente elettrico il secondo. — Perciò dal reciproco loro strofinamento debbe prodursi elettricità. E fuoco elettrico prodotto dall'agitazione del mare egli giudicò la luce, che di notte si mostra al batter del remo sull'acqua, e nella schiuma delle onde, e nel solco che dietro a sè lascia la nave, e su tutta la faccia del mare, che si tinge a colore di fuoco, quando la tempesta ne agita l'onde e con violenza di urti le sommuove. — Le particelle aquee, staccate dall'urto e respinte dalla superficie elettrizzata, si innalzano nell'aria a formare le nuvole, le quali perciò sono a loro volta cariche di fluido elettrico. — Ora se queste nubi spinte dal vento si accostano ai monti o si abbassano verso la terra, cedono il loro fuoco ai monti e alla terra, che han meno fluido di esse. Che se

Nella memoria presentata alla *Società Reale* Canton faceva precedere ai risultati delle sue ricerche intorno allo stato elettrico delle nubi una serie di esperienze relative alle attrazioni e repulsioni dei corpi elettrizzati in più ed in meno. — Queste sperienze diedero a Franklin occasione di istituirne delle altre correlative, e quasi di esse complementari, che egli pure rassegnava alla *Società Reale* di Londra il 14 marzo 1755.

V. *Oeuvres de Franklin*. Vol. I, pag. 143 e seg.

allora s'imbattono in altre nubi elettrizzate, da queste son compensate del fluido ceduto alla terra: Per tal modo il fuoco elettrico circola tra nube e nube e fra queste e la terra (1).

A dimostrare poi come il fluido elettrico non rifluisse immediatamente nel mare, a disperdersi in esso, Franklin suppose che accadesse nello strofinamento delle particelle dell'acqua e del sale ciò, che si osserva nello strofinamento d'un globo di vetro con un cuscinetto *anelettrico* e non isolato. Malgrado la velocità e l'attività prodigiosa del fluido elettrico e la comunicazione esistente fra il cuscinetto ed il suolo, il globo di vetro tuttavia raccoglie alquanto fluido, che, diffuso sul conduttore annesso al globo, di là si disperde a poco a poco nell'aria. Così le particelle di sale e di acqua raffigurano altrettanti globi e cuscinetti non isolati. Ogni goccia d'acqua pertanto può dalla massa comune trarre alquanto di fluido elettrico e formarsene un'atmosfera: onde respinta dalla superficie del mare allora generalmente elettrizzata, s'innalza nell'aria (2).

La ipotesi di Franklin sull'origine dell'elettricità delle nubi parve al fisico Baudoin, di Boston, inammissibile e per rispetto ai corpi, dallo strofinamento de' quali vorrebbesi far derivare il fluido elettrico, e per riguardo alla facilità grandissima, con cui esso si propaga nei corpi conduttori (3).

(1) Franklin. Lettera V a Collinson, pag. 38 e seg.

(2) Lettera di Franklin a J. Baudoin, 24 gennaio 1752, pag. 162 e seg.

(3) « Perchè sia efficace lo strofinamento fra corpi elettrici e non elettrici, sembra necessario che essi non siano di tale natura, da aderire od incorporarsi l'uno nell'altro. Così facendo girare un globo di solfo o di vetro nell'acqua, e strofinandolo per tal modo contro di esso, non si raccoglierebbe punto di fluido elettrico; e suppongo avverrebbe lo stesso ad un globo di sale rotante nell'acqua: perchè l'acqua aderisce e si incorpora a queste sostanze originariamente elettriche. — Ma quando anche lo strofinamento del sale e dell'acqua fosse capace di raccogliere il fuoco elettrico, questo fuoco per la grande sottigliezza ed attività ond'è fornito, o si comunicherebbe tosto alle parti inferiori del mare, donde fu tratto, compiendo solamente delle rapide circolazioni, ovvero si diffonderebbe ai continenti vicini, sperdendosi d'un tratto nella massa della terra ».

V. Lettera di Baudoin a Franklin, 21 dicembre 1751, pag. 158 e seg.

Ma prima che da altri la ipotesi di Franklin fu condannata da Franklin medesimo.

Infatti rispondendo al suo compatriota, egli giudicò la propria ipotesi con le seguenti parole: « Dacchè proposi quella ipotesi osservai che il sale misto all'acqua d'una bottiglia elettrizzata non ne scemava la intensità della scarica. — Tentai inoltre vanamente di render luminoso, agitandolo, un miscuglio di sale e d'acqua, — osservai infine che l'acqua stessa del mare più non appariva luminosa, dopo averla tenuta chiusa per alcune ore in una bottiglia. Laonde cominciai a sospettare che non elettrica fosse la luce dell'acqua marina, e quindi l'origine dell'elettricità delle nubi, altra pur fosse da quella che io avevo immaginata: ed ora le osservazioni vostre accrescono vieppiù i miei sospetti. Pensiamo pertanto se un'altra ipotesi a questa, prima di abbandonarla, non potremmo sostituire. — Io ho alcune volte discusso se lo strofinamento dell'aria, violentemente agitata, contro le piante e contro la superficie della terra, non potrebbe, quasi rappresentasse altrettanti globi di vetro, aspirare dalla terra stessa il fluido elettrico, che i vapori, sollevandosi, riceverebbero dall'aria e condenserebbero nelle nubi da essi formate. Che pare a voi di questa mia supposizione » (1)?

Un uguale giudizio sulla prima ipotesi egli rinnovò due anni più tardi, in una lettera a Collinson, nella quale rende conto eziandio del risultato negativo di una sperienza, da lui immaginata nello intendimento di verificare la ipotesi della elettrizzazione dell'aria per via dello strofinamento di essa contro la superficie terrestre. « Immaginai, dice egli, che, se la cosa fosse vera, spingendo con mantice una forte e continua corrente di aria sul conduttore della macchina, avrei potuto elettrizzarla negativamente; chè lo strofinamento delle particelle dell'aria lo avrebbe spogliato d'una parte della sua quantità

(1) Risposta di Franklin a Baudoin, 24 gennaio 1752, pag. 163 e 164.

naturale di fluido elettrico. Ma lo sperimento che tentai in proposito non mi riuscì (1) ».

Le sperienze istituite dappoi per riconoscere il vario stato elettrico delle nubi, se accrebbero la difficoltà di spiegare l'origine della elettricità positiva delle nubi, non scemarono quella, che tuttavia si incontrava a dar ragione del loro elettrizzamento negativo.

A riempire questa lacuna nella scienza elettrica Franklin azzarda nuove congetture: rispetto alle quali si affretta a dichiarare che, quand'anche nuove scoperte ne chiarissero la imperfezione, esse tuttavia possono pel momento riuscire di qualche utilità, essendo, al postutto, occasione a nuove sperienze ed a ricerche più esatte (2).

Egli immagina che il globo terrestre nelle parti solide e liquide, ond'è composto, giustamente contenga la quantità di fluido elettrico, che gli abbisogna per essere allo stato naturale. — Suppone quindi che alle singole materie, secondo il vario grado di loro condensazione, di rarefazione e di attrazione, una quantità diversa di fluido si richiegga per essere allo stato naturale: e che l'eccesso di fluido che loro vien dato per elettrizzarle, in esse non penetri, ma si diffonda sulla loro superficie, formando attorno alle medesime un'atmosfera, donde poi si hanno i segni elettrici.

(1) Non meno esplicita della precedente è la dichiarazione fatta a Collinson intorno a quella ipotesi. « Nel mio primo scritto sull'elettricità, dice egli, incominciato nel 1747, io riguardai il mare come la prima sorgente dei lampi: immaginando che la luce, che vi si scorge, provenisse dal fuoco elettrico sprigionato dallo strofinamento delle particelle dell'acqua con quelle del sale. Lontano dalla spiaggia io non era allora in grado di sperimentare sull'acqua del mare; onde m'affrettai di troppo ad abbracciare una tale opinione: — Infatti nel 1750 e 1751, trovandomi sulle coste, riconobbi per mezzo di esperienze, che l'acqua del mare in una bottiglia, quantunque in principio, agitandola, apparisse luminosa, perdeva tuttavia questa proprietà in poche ore. Visto poi che non potevasi ottenere alcuna luce agitando una soluzione di sal marino nell'acqua, cominciai a dubitare della mia prima ipotesi ed a sospettare che la luce del mare dovesse attribuirsi ad altri principi ».

V. Lettera IX a Collinson, settembre 1753, pag. 116.

2 Franklin, Lettera IX a Collinson, pag. 121.

A chiarire queste supposizioni e a farne poscia l'applicazione alle nubi Franklin paragona il fluido elettrico all'acqua e la natura dei corpi ad una spugna. Questa a proporzione di sua densità, abbandona una parte dell'acqua che in sè ritiene, ovvero una maggiore quantità ne raccoglie: premuta cioè ne assorbe di meno, perde anzi, parto di quella, che già prima possedeva; dilatata per contro più ne raccoglie, che non facesse nel suo stato normale.— Ora l'acqua è al fluido elettrico ciò che la spugna è all'acqua stessa. Quando l'acqua ha la densità ordinaria, possiede la quantità di fluido elettrico, che le è naturale: onde se altro se ne aggiunge, si spande sulla superficie della medesima. Se quest'acqua vien rarefatta in vapori e forma una nube, essa può riceverne ed assorbirne una molto maggiore quantità: ogni particella d'acqua può avere la sua atmosfera elettrica. Così l'acqua nel suo stato di rarefazione, ossia in forma di nube, sarà in uno stato negativo di elettricità: essa avrà meno della sua quantità naturale, ossia meno di quanto possa la medesima attirare ed assorbire in questo stato. — Ora questa nuvola accostandosi alla terra così, da poterne essere colpita, riceverà dai punti culminanti di questa una più o men grande quantità di fluido elettrico. E in tale stato potrà a sua volta scaricarsi sovra altre nubi meno elettrizzate, od ancora allo stato naturale; e queste sovra altre, sino a che siasi ricostituito l'equilibrio fra tutte. — Di qui la origine dei lampi raddoppiati e continui, sino a che le nubi siansi o ridotte allo stato naturale, o sciolte in pioggia e ritornate al globo terrestre, ond' ebbero origine.

Pertanto le nuvole temporalesche sono, generalmente parlando, in uno stato negativo di elettricità per rispetto alla terra. — Lo stato positivo che assumono talvolta, sebben raramente, le nubi, può dipendere da che esse, dopo aver ricevuta la quantità naturale di fluido corrispondente al loro stato di rarefazione, venendo per l'azione dei venti o d'altra causa qualsivoglia a comprimersi, hanno allora una

quantità di fluido maggiore di quella, che naturalmente corrisponderebbe allo stato di compressione, in cui sono ridotte: epperò trovandosi, direi, sovrassature di fluido, ne scacciano da sè una parte, che forma intorno alle medesime un'atmosfera elettrica, capace perciò di comunicare ad altri corpi la elettricità positiva.

A provare che un corpo in differenti stati di dilatazione e di restringimento è capace di ricevere e di ritenere più o meno di fluido elettrico alla sua superficie, Franklin, elettrizzando un vasellino d'argento isolato sovra un bicchiere di vetro, e facendo poscia in esso discendere per mezzo d'un filo di seta una lunga catena di rame, riconosceva che l'atmosfera elettrica del vaso diminuiva sollevando la catena, epperò crescendo la superficie su cui il fluido si raccoglieva; cresceva per contro abbassando la catena, epperò scemando la estensione della superficie. — Con la quale sperienza Franklin preludeva alla dimostrazione, data prima da Beccaria, e più tardi da Coulomb, della distribuzione del fluido elettrico sulla superficie dei corpi.

A questa nuova ipotesi Franklin medesimo oppone una difficoltà, che dichiara di non saper risolvere. So l'acqua, dic'egli, nel suo stato di rarefazione, come nube, attira e ritiene più fluido, che nel suo stato di densità come acqua, perchè dalla terra non ne trae la quantità bisognevole, nell'istante medesimo che si distacca dalla superficie di essa, e s'innalza in vapore? — Questo fatto veniva più tardi messo in luce da Kinnersley, il quale divideva le opinioni di Franklin. Elettrizzando dell'acqua bollente al disotto di una lastra metallica isolata, non ebbe in questa indizi di elettrizzamento: nè di tal fatto seppe darsi ragione (1) ».

(1) Kinnersley annunzia a Franklin l'origine e l'esito delle sue sperienze con le parole seguenti:

« Postomi sovra uno sgabello isolatore, ed elettrizzatomi vivamente, gettai il mio cappello ad altra persona collocata a distanza ed isolata ancor essa e vidi che il cappello aveva seco portato dell'elettricità; poichè la persona cui l'aveva gettato attirava un filo di lino che le si accostava. — Allora sospesi con la seta un'ampia lastra metallica, ed elettrizzai sott'essa, alla distanza di circa quattro

Nè facile cosa era per fermo il ricercare la origine dell'elettricità atmosferica. — Nella soluzione di questo problema, non meno dei fisici del secolo passato, si affaticarono quelli dell'epoca nostra.

XIV.

Più fortunato, che nel ricercare l'origine prima della materia elettrica, fu Beniamino Franklin nel trovar modo di impedirne i terribili effetti: e coll'invenzione dei parafulmini volgendo in utile pubblico la speculazione della propria mente, ei si rese benemerito dell'umanità.

Sconosciuta forse non era agli antichi l'arte di strappare i fulmini alle nubi: poichè, se non la conoscenza del modo da essi tenuto perdutoasi nel volgere de' secoli, la memoria del fatto tuttavia si conserva ne' libri dei filosofi e de' naturalisti vissuti in que'tempi.

Sembra, a quanto scrive Plinio nella sua storia naturale, che i Romani conoscessero il mezzo di evocare il fulmine, e tale operazione velassero nel mistero e quasi circondassero di culto religioso (1). — Gli annali fanno fede, dice egli, che a mezzo di certi sacrifici e di certe formole si può forzare la folgore a discendere dal cielo: e una antica tradizione vuole che ciò siasi nell'Etruria ottenuto dal Re Por-senna, e in Roma da Numa Pompilio, e da Tullo Ostilio successore di lui. Il primo sul monte Aventino eresse un altare a Giove Elicio per attirare alla terra le cose celesti, e specialmente i tuoni e i lampi, e conoscere per tale mezzo la volontà degli dei (2). — Il secondo, che

piedi, dell'acqua bollente, sperando, per ciò che m'era risultato dalla sperienza precedente, che il vapore, innalzandosi copioso verso la lastra, portato le avrebbe alquanta elettricità. Ma dopo molte provc dovetti persuadermi che il vapore nulla portava del fluido elettrico dell'acqua da cui dimanava. Del quale fatto non posso rendermi ragione».

V. Lettera II di Kinnersley a Franklin, 12 marzo 1761, pag. 201 e 202.

(1) Plinio, Lib. II, cap. 53.

(2) Ovidio nel terzo libro dei fasti così parla:

Elicium caelo te, Jupiter: unde minores

Nunc quoque te celebrant, *eliciumque* vocant.

volle ricorrere alle medesime arti, senza ben conoscerle, fu vittima della propria imperizia. Dice in proposito Tito Livio che « trovata nei *commentari di Numa* una descrizione di certi occulti e solenni sacrifici fatti a Giove Elicio, volle Tullo Ostilio eseguirli in privato: ma, per alcuni errori nel principio e nel seguito di queste operazioni, non solamente ei non riuscì a vedere alcuna immagine degli esseri celesti, ma irritato il Nume con la irregolarità di que' riti fu da esso incenerito con un fulmine ».

Diodoro Siculo afferma che gli Etruschi erano pienamente istruiti di tutto che riguardava il fulmine.

Anche i poeti esaltarono nei loro carmi la potenza dell'uomo, che strappa i fulmini a Giove. Onde Manilio scrisse che l'uomo

« Eripuitque Jovi fulmen viresque tonandi ».

Dei mezzi a ciò adoperati non è data positiva notizia da alcuno fra gli antichi scrittori di cose naturali. È tuttavia opinione favorevolmente accettata, che s'impiegassero acnte spranghe di ferro: non potendosi altrimenti attirare alla terra il fluido elettrico delle nubi. Concorda questa opinione con quanto afferma Erodoto: cioè che da tempo remotissimo fosse costume presso i Traci di slanciare delle frecce, e presso gli Iperborei delle picche acute di ferro verso le nubi temporalesche, a disarmarle della materia fulminea. — Ma senza ricercare altre prove presso gli antichi ecco un documento il quale attesta in modo esplicito la conoscenza del potere delle punte metalliche innanzi all'epoca di Franklin: « Sopra uno dei bastioni del castello di Duino, nel Friuli, sulla sponda del mare Adriatico, v'ha da tempo immemorabile una picca drizzata verticalmente con la punta in alto. Nella state, quando il cielo sembra volgersi a temporale, il soldato che sta a guardia in quel luogo, esamina il ferro della picca, presentandogli in vicinanza un brandistocco, che è sempre colà per tale prova; e quando vede che la picca *scintilla assai, o che vi apparisce un leggiero spruzzo di fuoco*, suona una campana, che è là vicina, per

avvertire la gente sparsa ne'campi e i pescatori sul mare, che sono minacciati da cattivo tempo: e tutti, posti in su l'avviso, si ritirano alle loro case. — La grande antichità di questa pratica è provata dalla tradizione costante ed unanime del paese, e per una lettera del padre Imperati Benedettino del 1602, nella quale, alludendo a questa usanza degli abitanti di Duino, dice: *igne et hasta hi mire utuntur ad imbres, grandines, procellasque praesagiendas, tempore praesertim aestivo* ».

Con queste parole il Dottore Gio. Fortunato Bianchini annunziava il curioso fenomeno all'Accademia Reale delle scienze di Parigi, il 16 dicembre 1758. — Ora questo effetto non è forse il medesimo, che si proposero di ottenere gli elettricisti, che primi drizzarono verghe metalliche, o lanciarono cervi volanti nella direzione delle nubi temporalesche?

Ma vuolsi ancora aggiungere che i fenomeni luminosi osservati da Grey sulle punte d'una sbarra metallica elettrizzata già si erano mostrati agli antichi, e in proporzione d'assai maggiori, sulle punte metalliche drizzate nell'aria. — Invero allora che, durante la notte, nubi temporalesche si agitano nell'atmosfera, fiammelle a guisa di stelletta o di fiocco si mostrano sulla punta degli alberi delle navi, sulle croci dei campanili, e in generale sui corpi conduttori elevati e comunicanti col suolo.

I popoli antichi traevano buoni o cattivi augurii nei loro viaggi di mare dall'apparizione di una o di due fiammelle. E, supponendo Elena causa dell'infortunio e i fratelli di lei, Castore e Polluce protettori dei navigli, col nome della prima e dei secondi distinsero le apparenze di una sola e di due fiammelle. *Fuochi di S. Elmo* furono poi dette dai marinai cristiani, in onore di questo santo Vescovo Siciliano loro protettore e patrono.

Ecco ora alcuni esempi che provano come già fossero note agli antichi queste apparenze luminose.

Seneca racconta che una stella andò presso a Siracusa a fermarsi sul ferro della lancia di Gilippo: e che a un tempo si videro fiammeggiare le picche nel campo dei Romani (1).

In Tito Livio si legge che il giavellotto con cui Lucio Atreò aveva armato il figlio, poco prima ascritto alla milizia, gettò fiamme per più di due ore senza consumarsi; e che uguale fuoco apparve sulle picche dei soldati (2).

Cesare, ne' suoi commentari sulla guerra d'Africa, racconta che, dopo una notte procellosa, durante la quale cadde molta grandine, il ferro dei giavellotti della quinta legione parve in fuoco (3).

Plinio osservò una luce sotto forma di stella sulle picche dei soldati in sentinella. — Dice che quando due ne appaiono sugli alberi delle navi prenunziano bel tempo e buon viaggio, mentre una sola è minaccia di sventura. — Soggiunge infine che queste fiamme appaiono talvolta verso sera sul capo degli uomini, e si hanno a ritenere per buon augurio (4).

Plutarco riferisce che all'istante in cui la flotta di Lisandro usciva dal porto di Lampsaco per assalire la flotta degli Ateniesi, due fuochi

(1) Gylippo Syracusas petenti visa est stella supra ipsam Iaoceam constitisse. In Romanorum castris visa sunt ardere pila, ignibus scilicet in illa delapsis.

V. Seneca. *Quaest. nat.*, lib. I, cap. I.

(2) * In Sicilia militibus aliquot spicula, in Sardinia muro circumcuncti vigilas equiti, Scipionem, quem in manu tenuerat, arsisse et litora crebris ignibus fulsisse.

V. Tito Livio, cap. XXXII.

(3) * Per id tempus fere Caesaris exercitui res accidit incredibilis auditu, nempe vigiliarum signo confecto, circiter secunda vigilia noctis, nimbus cum saxes grandine subito est coortus ingens. Eadem nocte legionis V pilorum cacumina sua sponte arserunt.

V. G. Cesare. *De bello africano*, cap. VI.

(4) * Exsunt stellae et in mari terrisque. Vidi nocturnis militum vigiliis iohaerere pro vallo fulgorem effigie ea: et antennis navigantium, aliisque navium partibus, cum vocali quodam sono insistunt, ut volucres, sedem ex sede mutantes. Geminae autem salutare et prosperi cursus praenunciatae; quarum adventu, fugari diram illam ac minacem appellatamque Helenam ferunt. Et ob id Polluci et Castori his nomen assignant, eosque in mari Deos iuvocant. — Hominum quoque capiti vespertinis horis magno praesagio circumfulgeat. Sed haec sunt incerta ratione et in naturae majestate abdita. — V. Plinio. *Storia naturale*. Lib. II.

detti *Castore e Polluce* s'andarono a collocare ai due fianchi della galera dell'ammiraglio Spartano; il che riputavasi indizio di felice viaggio (1).

Questi fenomeni luminosi coi quali si manifesta la elettricità naturale furono osservati eziandio in tempi a noi più vicini: e un esempio ne porge la storia di Cristoforo Colombo scritta dal figlio di lui. « Nella notte del sabato (ottobre 1493) tuonava e pioveva dirottamente: apparve allora *Sant'Elmo* sull'albero maestro *con sette cerei accesi*; si videro cioè quei fuochi che i marinai credono essere il corpo del santo. Tosto s'intesero cantare sul bastimento molte litanie e preghiere: chè la gente di mare fermamente crede sia svanito il pericolo della tempesta quando S. Elmo apparisce. Di questa opinione ognuno giudichi a sua posta ».

Credenze stranissime per lungo tempo si ebbero intorno a questi fuochi, i quali si riguardavano come oggetti materiali. — Nelle memorie delle spedizioni del valoroso ammiraglio Forbin, scritte da lui medesimo, troviamo il passo seguente, che si riferisce ai fuochi di S. Elmo: « Durante la notte (1696) il cielo d'un tratto si fece nuvoloso e buio; mentre rapidi succedevansi lampi e tuoni spaventevoli. Nel timore d'una grande burrasca, onde eravamo minacciati, feci ammainare tutte le vele. Noi vedemmo sul vascello più di trenta fuochi di Sant'Elmo. Uno tra gli altri, ch'erasi posato sulla cima della banderuola dell'albero maestro, aveva più d'un *pie*de e mezzo d'altezza: e feci salire un marinaio a *prenderlo*. Quand'ei fu lassù gridò che quel fuoco scoppiettava come la polvere, che s'accende dopo averla bagnata. Gli ordinai che levasse la banderuola e discendesse: ma appena ei la tolse di posto, il fuoco, abbandonatala, si andò a posare sulla punta dell'albero, donde non fu possibile scacciarlo. E colà rimase lungo tempo sino a che a poco a poco si consumò ».

(1) Guglielmo Watson raccolse dagli scritti dei filosofi antichi le relazioni di questi fenomeni di elettricità naturale e li pubblicò nelle *Transazioni filosofiche della Società Reale* di Londra. — V. vol. XLVIII, parte I, pag. 210 e seg.

Più altre prove potremmo addurre: ma bastano le accennate a chiarire il fatto, che da tempo antichissimo si ebbe una conoscenza empirica dei fenomeni luminosi dipendenti dall'elettricità naturale, e che forse l'uso dei cervi volanti e delle sbarre acuminate per trarre il fuoco dalle nubi non fu ignoto agli antichi.

Ma le cognizioni degli antichi, specialmente per ciò che riguarda la sottrazione del fuoco dalle nubi, o non furono abbastanza precise, o n'andarono perdute col tempo; perocchè da Gilbert insino alla metà del secolo XVIII non v'ha elettricista, che ne ritenti l'applicazione, o soltanto ne richiami la memoria. Laonde l'idea dei parafulmini è interamente dovuta al filosofo istesso, che primo dimostrò essere il fulmine un'elettrica scintilla.

XV.

Sapevasi prima di Franklin che i corpi terminati da spigoli, e le punte in generale, avevano la facoltà di sprigionare da sè il fluido elettrico, ond'erano sovracariche. Stefano Grey aveva per primo osservati i pennelli di luce, che spontaneamente si slanciano da un conduttore elettrizzato e finiente in una punta un po' ottusa⁽¹⁾. S'era dappoi venuti a conoscere che se una punta acutissima presenta un solo punto luminoso al suo vertice, non per questo, essa slancia tuttavia copiosamente il fluido elettrico a distanza; perocchè una specie di vento soffia contro la mano, che le si accosta.

Or bene: Franklin immaginò che le punte godessero puranche della facoltà di trarre da lungi il fluido d'un conduttore elettrizzato. — L'esperienza confermò le previsioni di lui. Abbiasi infatti una verga metallica assottigliata in punta ad un capo e terminata all'altro da una sfera. Una persona isolata, a qualche distanza dal conduttore elettrizzato, tenga con la mano la verga metallica, e ne presenti la sfera al

(1) V. Periodo secondo, sezione prima pag. 46.

conduttore: questa persona non si elettrizza affatto. Ma se, volgendo l'asta metallica in senso contrario, essa ne presenta, a conveniente distanza, la punta al conduttore, tosto si elettrizza: perocchè la punta metallica sottrae la materia elettrica al conduttore, cui si presenta. Che se quest'ultima speriienza è fatta in luogo buio, un punto luminoso apparisce all'estremità della punta avvicinata al conduttore. — Dal che Frauklin conchiude che le punte hanno il potere di estrarre il fluido elettrico dai corpi collocati a qualche distanza dalle medesime (1).

La scienza odierna respinge questa conclusione di Franklin, ma accetta i corollari che ne dedusse, perchè dimostrati dall'esperienza.

La cognizione di questa proprietà delle punte consigliò a Franklin il modo di esplorar il fuoco delle nubi: isolando cioè una sbarra metallica acuminata sull'alto d'un edificio, oppure slanciando un cervo volante nella direzione delle nubi temporalesche.

Ma le punte metalliche sono ancora fornite d'un'altra proprietà: esse tolgono il fluido elettrico ad una nuvola o ad un conduttore, su cui trovisi accumulato tacitamente e senza esplosione, scaricandolo affatto, od almeno in gran parte. — Infatti si presenti una punta metallica a piccolissima distanza da un conduttore elettrizzato. Se questo comunica con uno o più altri conduttori non si otterrà scintilla, oppure se n'avranno, ma debolissime, da questi ultimi, insino a che la punta è vicina al primo di essi; e per quanto si accosti la punta il fluido elettrico, che sovr'esso affluisce copiosissimo, sempre senza esplosione e senza strepito si diffonde nel comun serbatoio.

Di qui sorse nella mente di Franklin la idea che le punte metalliche fossero capaci di preservare gli edifici dai terribili effetti del fulmine.

La conoscenza del potere delle punte, diss'egli, non potrà essa giovare agli uomini, applicandola a preservare le case, i templi, lo

(1) Franklin. Lettera VI a Pietro Collinson, 24 luglio 1750, pag. 60.

navi, ecc. dai colpi di fulmine? Che avverrebbe se al tetto degli edifizii, e agli alberi delle navi si adattassero delle verghe di ferro acuminate a guisa di aghi, e dorate perchè non le intacchi la ruggine, e dal cui piede un filo metallico scenda, lungo le pareti, o l'albero della nave ad immergersi nella terra o nell'acqua? Non è egli probabile che queste sbarre metalliche trarrebbero il fuoco dalle nubi, prima che in esse si accumuli ed esploda? Non pare egli che per siffatta maniera noi saremmo salvi da tanti disastri, quanto subitanei, altrettanto terribili⁽¹⁾?

Pensò egli dappoi che la corrente di fluido elettrico, la quale durante i temporali muovesi a ristabilire l'equilibrio tra le nubi e la terra, sceglie di preferenza i corpi conduttori, che incontra nel suo cammino, siccome i metalli, i muri e i legni umidi ecc., e per scorrere in essi si discosta, e talora notevolmente, dalla linea retta. La esplosione del fuoco elettrico avviene solamente quando i conduttori da esso percorsi non se ne possono scaricare così rapidamente come lo ricevono, o perchè incompleti, disgiunti e troppo piccoli, o perchè formati di materia non abbastanza conduttrice. — Osservò egli infatti che gli edifizii coperti di piombo o di altro metallo, e muniti di gronde anch'esse metalliche discendenti dal tetto insino alla terra, a condurvi le acque piovane, non sono mai danneggiati dal fulmine; perchè questo, cadendo su tali edifizii, scorre attraverso ai metalli, e istantaneamente si sperde nel suolo. — Quindi immaginò che le verghe metalliche, di sufficiente grossezza, e senza interruzione prolungate dalla parto più alta dell'edifizio sino al suolo, potessero preservare l'edifizio medesimo dai danni del fulmine. — Se, dice Franklin, sovra il tetto si fissa una lunga ed acuminata sbarra di ferro, la quale senza interruzione discenda ad immergersi nella terra umida, seguendo qualsivoglia direzione retta o curva, adattandosi cioè alla forma del tetto e delle altre parti dell'edifizio, essa attirerà per la sua punta il fulmine e,

(1) Franklin. Lettera VI a Pietro Collinson, 24 luglio 1750, pag. 62.

porgendogli un facile mezzo di trascorrimento nel suolo, gli impedirà di esplodere sopra l'edifizio e di recar danno a qualsivoglia parte di esso.

La verga metallica, egli soggiunge, si attacchi ai muri, ai camini ecc. con uncini di ferro. Il fulmine non abbandonerà il metallo, che è un buon conduttore, per slanciarsi nei muri, che sono meno atti alla circolazione del fluido elettrico. Se l'edifizio è molto esteso si possono per maggior sicurezza collocare due o più sbarre separate. — Non sembra necessario che queste abbiano un grande spessore, abbenchè si vedano i fili metallici volatilizzati dalla scarica di una batteria: il fluido elettrico corre rapidissimo e senza esplosione, quando gli si appresta un passaggio libero e facile. — La parte inferiore della sbarra deve penetrare nella terra a tale profondità da incontrarvi uno strato umido, che valga a disperdere celeremente il fluido raccolto dalla spranga (1).

I conduttori acuminati posti sugli edifizi e comunicanti col suolo, oltre al determinare sovra esso la scarica dell'elettricità delle nubi, che altrimenti farebbersi sopra gli edifizi medesimi, possono eziandio prevenire ed impedire la scarica. Le nubi temporalesche, egli dice, si presentano in generale tutte frastagliate, e quasi composte di molte nubecole distinte e l'una all'altra sovrapposte così, che le più basse sono per lo più vicinissime alla terra. Queste, quasi per gradi, servono a trasmettere alla terra il fluido elettrico, che da esse rigurgita. A rappresentare con un esperimento l'azione di queste singole parti di una nube elettrizzata si attacchi al conduttore della macchina un fiocco di cotone con un filo lungo due pollici; e a questo se ne attacchi un secondo; e al secondo un terzo, in guisa che tutti siano ad uguale distanza. Ponendo in moto la macchina elettrica i fiocchi di cotone si distendono verso la tavola sottoposta, che li attira, precisamente come i frastagli della nube elettrizzata si accostano alla terra.

(1) Franklin Lettera a M.... settembre 1767, pag. 253.

Ma se al disotto del fiocco più basso si avvicina una punta metallica, lo si vede rialzarsi verso il secondo, e il secondo verso il primo, di maniera che tutti si riaccostano al conduttore, a cui rimarranno aderenti, fintanto che non si rimuova la punta. Dal che apparisce che le punte metalliche tacitamente spogliano le nubi del fluido elettrico, o perciò impediscono ch'esso si condensi e produca la scarica.

Questi sòno i principj, che guidarono Franklin alla invenzione dei parafulmini, e queste le norme, ch'egli seguì nel porre in atto la sua idea.

La utilità di questa applicazione fu in principio disconosciuta dagli elettricisti d'Europa, e da taluni eziandio combattuta. Di tale sfavorevole giudizio fu causa lo imperfetto esame della questione. In fatti duplice è l'azione attribuita da Franklin alle verghe acuminate poste sugli edifizj e comunicanti con la terra umida; di impedire cioè la esplosione del fulmine; e, se incapaci ad impedirla, condurre il fuoco elettrico nel suolo senza recar danno agli edifizj. Or bene: nella discussione allora fattasi in Europa si tenne conto soltanto della prima azione; che al postutto non è più importante della seconda, giacchè con la prima si dissipa soltanto una minaccia, laddove con questa si impedisce un danno reale e gravissimo. Quindi la proposta di Franklin fu da taluni *ipso facto* considerata come un'utopia ⁽¹⁾, e da altri più assennatamente giudicata bisognevole della sanzione dell'esperienza. Tra questi è G. B. Beccaria, il quale scrivendone poco tempo dopo che Franklin, nelle sue lettere a Collinson, aveva manifestate le

(1) Riportiamo le testuali parole, con le quali furono da Nollet condannati i parafulmini:

« Quoique, à mon avis, on soit mal fondé à croire qu' on délivrera le genre humain de la crainte du tonnerre en dressant en l'air des pointes de fer etc. ».

V. Nollet. *Lettres sur l'électricité*, parte I, lettera I, pag. 21.

Ma ciò che più reca stupore si è che l'abate Nollet, in una speciale memoria sul fulmine presentata all'Accademia delle scienze di Parigi, e pubblicata nel 1767, ossia 12 anni dopo la costruzione dei primi parafulmini, li dichiara tuttavia inutili non solo, ma pericolosi.

sue idee intorno ai parafulmini ⁽¹⁾, mette a riscontro le ragioni, che, a giudizio di lui la favoriscono e quelle, che la combattono. E sebbene l'esiguità dell'apparato, e l'estensione, l'impeto e la furia dell'elettricismo che l'eccita nell'atmosfera dalle più violente tempeste, gli facciano dubitare della reale efficacia del preservativo proposto; non pertanto la questione così grave gli sembra ed importante, da meritare che intorno alla medesima si istituiscano osservazioni e sperimenti. — Vi sono, dice egli, in certi luoghi eminenti dei campanili o torri, che quasi ogni anno, e talora in un anno più volte, sono bersagliate dal fulmine. A molti sarebbe cosa agevole alzarvi una o più punte giusta il metodo di Franklin, e continuarvi per più anni una serie di osservazioni. Si potrebbe sovra una di queste torri alzare una spranga altissima a ciascun angolo, e fare che ciascuna di queste, per uno o più fili metallici, comunicasse entro terra col suolo umido, in tal maniera però che si potesse a volontà e facilmente interrompere queste comunicazioni, e sì isolarle. Si potrebbe alzare in mezzo a quelle una spranga più bassa, e vedere nelle tempeste più furiose, se questa restando isolata si elettrizza, e quanto si elettrizza, comunicando col suolo alcuna delle più alte, ovvero anche tutte; e se non s'arrivasse ad assicurare il pubblico del desiderato preservativo, si verrebbe almeno a levarlo d'inganno con l'evidenza, e se ne trarrebbero cognizioni più determinate per l'uso della fisica ⁽¹⁾.

Or bene: il desiderio del Beccaria fu soddisfatto; ed egli stesso vi concorse pochi mesi dopo scritte quelle parole. La esperienza, questo

(1) Franklin pubblicò i suoi pensieri intorno ai parafulmini nella lettera indirizzata a Collinson il 21 luglio 1750. — In quella lettera medesima suggeriva il modo di esplorare il fuoco delle nubi temporalesche. Ma vedemmo che egli eseguì lo sperimento col cervo volante soltanto nel giugno del 1752; e che parimenti soltanto nel settembre dello stesso anno isolava sul tetto della casa una sbarra di ferro. All'epoca pertanto, in cui Beccaria scrisse la prima opera sull'elettricità, non eransi peranco instituite sperienze con verghe metalliche comunicanti col suolo.

(1) G. B. Beccaria. *Dell'elettricismo artificiale e naturale*, lib. II, cap. VII, pag. 232 e seg.

imparziale ed esatto giudice delle scoperte, dissipò ogni dubbio intorno all'utilità dei parafulmini, dimostrandoli efficaci sempre quando nel collocarli si seguano i precetti della scienza.

Che se questa scoperta, conquistata da oltre un secolo alla scienza, è ancora, se non dimenticata, certamente non applicata nè diffusa quanto pur si dovrebbe; — se ai tempi nostri, invece di munire le chiese e i campanili di parafulmini, si continua tuttavia in più luoghi la vieta usanza di suonar le campane, quasi il suono valesse a disperdere il fuoco delle nubi e ad impedire gli effetti del suo condensamento; — da tutto ciò, non della inefficacia dei preservativi proposti debbesi argomentare, sibbene della forza dei pregiudizi, e della lentezza con cui la verità, fuggendo l'errore, che per propria natura è limitato nel tempo, riesce a fondare il suo impero, che ha poi il privilegio di essere immutabile ed eterno.

Ma al regno della verità si associa il nome dei benemeriti, che strenuamente si adoperarono a costituirlo. Per ciò il nome di Franklin vive immortale nell'istoria della scienza da lui con amore coltivata, di preziose scoperte accresciuta, e con zelo costante diffusa. — Nè ciò basta. Franklin scienziato e filosofo insigne, fu pure cittadino egregio, e della umanità altrettanto benemerito, che della scienza: poichè egli con Giorgio Washington preparò e condusse a compimento la emancipazione della patria sua. — Laonde niuna sentenza è più giusta e più vera che quella di Turgot in lode dell'americano filosofo:

« Eripuit caelo fulmen sceptrumque tyrannis ».

Con essa D'Alembert salutò Franklin, allorchè questi, ministro plenipotenziario presso la Corte di Francia, fu ricevuto all'Accademia delle scienze, che lo aveva nominato suo socio straniero. — E sta bene che sulla tomba di lui, in vece del modesto epitafio, ch'egli a se stesso compose, la scienza e la umanità, memori del bene ottenuto, scrivano a caratteri eterni quel verso, nel quale son compendiate i maggiori titoli di gloria del filosofo e del cittadino.

203956



INDICE DELLE MATERIE

CONTENUTE NELLA PRIMA PARTE



<i>Dedica</i>	pag.	iii
<i>Prefazione</i>	"	v

PERIODO PRIMO.

CONSIDERAZIONI PRELIMINARI SULLO STATO DELL'ELETTRICITÀ NEL
SECOLO XVII.

SEZIONE UNICA.

<i>Origine dell'elettricità e del magnetismo. — Scoperte di Gilbert relative a queste due scienze. — Ricerche e sperimenti di Cabeo; dell'Accademia del Cimento; di Boyle; di Ottone di Guericke.</i>	
<i>— Conclusione</i>	4

PERIODO SECONDO.

PROGRESSI DELLA SCIENZA ELETTRICA NELLA PRIMA METÀ DEL
SECOLO XVIII.

SEZIONE PRIMA.

<i>Cenni sul rapido avanzamento delle scienze naturali in questo secolo. — Scoperte di Hawkesbee, di Grey e di Dufay nell'elettricità</i>	24
---	----

SEZIONE SECONDA.

Stato della scienza elettrica dopo i lavori di Grey e di Dufay. — Miglioramenti nella costruzione degli apparati elettrici. — Boccia di Leida e sue prime modificazioni. — Sperimenti dei fisici francesi ed inglesi intorno la velocità di propagazione del fluido elettrico: loro confronto cogli analoghi sperimenti istituiti nel secolo nostro » 49

SEZIONE TERZA.

Popolarità dello sperimento di Leida. — Effetti della scarica elettrica. — Ricerche di Nollet intorno alla influenza dell'elettricità sull'evaporazione, sulla vegetazione e sulla traspirazione degli animali. — Nuova medicina elettrica. Sperimenti di Pivati e di Nollet. — Applicazione diretta dell'elettricità come mezzo terapeutico » 76

SEZIONE QUARTA.

Indagini e congetture di Nollet e di Muschbroeck intorno alle analogie ed alle differenze delle materie costituenti la elettricità, il fuoco e la luce. — Ipotesi di Nollet e di Jallabert per la spiegazione dei fenomeni elettrici. — Riassunto dei progressi della scienza elettrica nel secondo periodo (da Hawkesbee a Franklin) » 98

PERIODO TERZO.

PROGRESSI DELLA SCIENZA ELETTRICA NELLA SECONDA METÀ DEL
SECOLO XVIII.

SEZIONE PRIMA.

Scoperte di Franklin. — Teoria di un fluido solo da lui immaginata e confermata con l'analisi della boccia di Leida. — Distinzione dei corpi in buoni e cattivi conduttori dell'elettricità. Ricerche

relative alla diffusione del fluido elettrico nell'interno ed all'esterno dei corpi, ed all'impenetrabilità del vetro per esso.— Esperienze di Kinnersley sul diverso elettrizzamento del solfo e del vetro, e sugli effetti calorifici della scintilla.— Opinioni dei filosofi anteriori a Franklin intorno alla natura del fulmine. — Congetture di Nollet e di Franklin intorno all'identità della scintilla e del fulmine; analisi e comparazione degli effetti di questo e di quella. — Sperimento proposto da Franklin per esplorare il fuoco delle nubi temporalesche. Risultati delle sperienze istituite in Francia e in America.— Variazioni nello stato elettrico delle nubi.— Potere delle punte. Costruzione dei parafulmini » 127





Garelli F.

SULLE
DOTTRINE ELETTRICHE

NEL SECOLO XVIII

SAGGIO STORICO

DEL DOTT. CAV.

FELICE GARELLI

PROF. DI FISICA E CHIMICA NEL R. LICEO G. B. BECCARIA

E DI AGRONOMIA NELL'ISTITUTO TECNICO

IN MONDOVI.

PARTE SECONDA



MONDOVI

DALLA TIPOGRAFIA DI GIOVANNI ISSOGLIO

1866.

SULLE

DOTTRINE ELETTRICHE

NEL SECOLO XVIII

SAGGIO STORICO

DEL DOTT. CAV.

FELICE GARELLI

PROF. DI FISICA E CHIMICA NEL R. LICEO G. B. BECCARIA

E DI AGRONOMIA NELL'ISTITUTO TECNICO

IN MONDOVÌ.

PARTE SECONDA



MONDOVÌ

DALLA TIPOGRAFIA DI GIOVANNI ISSOGLIO

1866.

SEZIONE SECONDA.

Condizione degli studi elettrici in Italia prima delle scoperte di Franklin. — Cenno sulle esplorazioni dell'elettricità atmosferica istituite a Bologna e a Firenze. — Risultati delle prime sperienze del padre G. B. Beccaria. Analisi della sua opera sull'elettricismo artificiale e naturale: nella quale ridusse ad unità di principio, secondo il sistema di Franklin, tutti i fenomeni dell'elettricismo; e raccolse le prime sue sperienze intorno al fuoco e alla stelletta; — e al vario grado di resistenza dell'aria, e di conduttricità dell'acqua pel fluido elettrico; — all'elettrizzamento dell'atmosfera per eccesso e per difetto; — all'identità dei fenomeni dell'elettricismo naturale e dell'artificiale ecc. ecc.

I.

Le scoperte di Franklin giovarono alla scienza elettrica in due principalissimi modi. Esse ne ajutarono i progressi sperimentali, aggiungendo alla serie dei fatti, già maravigliosamente cresciuta negli ultimi anni, il nuovo ordine dei fenomeni dell'elettricismo naturale od atmosferico, il quale porgeva tosto occasione ad importanti scoperte, e ad utili applicazioni. E più ancora, che nel campo sperimentale, giovarono alla parte speculativa della scienza, raccogliendone le cognizioni, tuttavia slegate fra loro, e subordinandole a pochi principi generali. Infatti la scoperta della boccia di Leida aveva bensì moltiplicato il numero dei fenomeni elettrici riconosciuti da' fisici, ma non aveva portato maggior luce intorno alle spiegazioni dei medesimi. Le opinioni degli elettricisti erano tuttavia divise; e divisi puranco, per diversità di indirizzo, ne erano i lavori, i quali consumavansi in tentativi isolati, e quindi scarsamente proficui alla scienza.

Nessuna d'altronde fra le varie ipotesi, che allora s'agitavano, mostravasi atta a dar ragione di tutti i fenomeni, che giorno per giorno si venivano studiando e discuoprendo. Per ciò la teoria generale immaginata da Franklin, e vittoriosamente applicata all'analisi dell'apparato di Leida, non poteva giungere in tempo più opportuno, per costituire la scienza elettrica sopra basi razionali, e per dare unità di direzione agli studi e alle ricerche degli elettricisti.

Di qui la ragione dello straordinario favore, con cui vennero accolte le lettere di Franklin a Pietro Collinson. A proposito delle quali osserva Priestley, nulla essersi scritto intorno all'elettricità, che sia stato in più lingue tradotto, e maggiormente letto ed ammirato in tutte le parti del mondo (1). Infatti pubblicate dapprima in un volume da Collinson, per consiglio del dottor Fothergill, presentate quindi nel 1751 alla Società Reale di Londra (2), e tradotte poscia nell'anno susseguente, per suggerimento di Buffon, dal francese Dalibard, eccitarono i fisici di tutta Europa non solo a ripetere le sperienze già riuscite al filosofo americano, ma eziandio a tentare quelle altre, che esso aveva semplicemente suggerite e proposte.

Primi alle prove furono i fisici francesi: e tra questi il naturalista Buffon, il quale tosto innalzava sulla torre del suo castello di Montbard un'acuta sbarra metallica, isolata alla base sopra un grosso

(1) Priestley *Hist. de l'électr.* tom. I, pag. 291.

(2) Il chiaro fisico dottor Lardner nella sua opera « *A manual of electricity, magnetism and meteorology* » pubblicata nel 1844, ricorda che le memorie di Franklio, lette da Collinson alla Società Reale di Londra, non furono tosto riputate degne d'aver posto nelle « *Transazioni filosofiche* »: anzi quelle relative ai parafulmini vennero senza più giudicate ridicole ed assurde. Fu allora che il dottor Fothergill, membro anch'esso della Società Reale, suggerì a Collinson di pubblicarle in un volume, al quale egli stesso pose innanzi una sua prefazione. Piace che la novità delle cose contenute in quel libro: onde in pochi anni se ne fecero cinque edizioni.

Il favore universalmente accordato alle nuove teorie indusse finalmente la Società Reale di Londra a deliberare di ricevere comunicazione d'un estratto di quell'opera, il 6 di giugno del 1751. Ma anche questa volta, per non eccitare oovellamente le risa dell'assemblea, si dovette sopprimere la parte relativa ai parafulmini.

strato di resina. — Ma, più fortunato di lui, Dalibard fu primo a riconoscere lo stato elettrico delle nubi temporalesche. A Dalibard tennero dietro De Lor, Buffon, Mazeas, Lemonnier, Berthier, e quindi De Romas, il quale confermava coi cervi volanti i risultati poco prima ottenuti da lui e dai fisici precedenti con le verghe metalliche (1).

Già fu detto come le sperienze dei fisici francesi venissero, a breve intervallo di tempo, ripetute in Inghilterra, in Russia ed in Germania.

(1) Accennammo già nella sezione precedente i risultati sperimentali ottenuti dai fisici francesi. Non è tuttavia inopportuno lo aggiungere qui alcune particolarità relative agli esperimenti di De-Romas, i quali per importanza stanno quasi a pari con quelli eseguiti da Dalibard. Sin dall'agosto del 1750 De-Romas, giudice al tribunale di Nerac sua patria, in una memoria presentata all'Accademia delle scienze di Bordeaux — pochi giorni dopo che questa aveva premiato una memoria del medico Berjeret, di Dijon, nella quale propugnava, con sole considerazioni teoriche, la identità del fulmine e dell'elettricità — traendo occasione dalla caduta d'un fulmine, prendeva ad esaminare alcune analogie tra questo fenomeno atmosferico e la elettricità ordinaria.

Conosciuta poi la sperienza di Dalibard, De-Romas fu tra i primi a ripeterla, modificandola in varie guise: e fu appunto in una di queste sperienze (12 luglio 1752) che gli venne in pensiero di servirsi di un cervo volante. Disposta orizzontalmente una sbarra isolata, vide che essa appena mostravasi elettrizzata: sollevandola invece verticalmente ne traeva forti scintille. Dal che sospettò, che i fenomeni elettrici si facessero vieppiù intensi col crescere dell'altezza della sbarra. A verificare questa congettura drizzò due sbarre, l'una delle quali superava di 10 piedi l'altezza dell'altra: e vide che quella dava scintille più frequenti e più vive. Pensò allora al modo « di portare dei conduttori alla maggiore altezza possibile nella regione delle nubi, per accrescere il fuoco del cielo »: e nell'agosto di quell'anno comunicò ad alcuni suoi amici il segreto pensiero di far uso d'un cervo volante. A questa idea egli già faceva allusione in una lettera indirizzata il 12 luglio 1752 all'Accademia di Bordeaux, nella quale accennando ad un'esperienza, che aveva in animo di fare, scriveva queste parole: « mi riservo di renderne conto, *quantunque essa non sia che un giuoco di ragazzo*, quando sarò fatto sicuro della riuscita, col tentativo che mi propongo di farne ».

Questa sperienza fu da lui eseguita solamente il 14 maggio 1753, e rinnovata poscia, in maggiori proporzioni, il 7 giugno nell'anno medesimo, ottenendone i risultati, che noi già abbiamo riassunti nella sezione precedente.

I sovraccennati particolari intorno agli esperimenti di De-Romas furono raccolti in sei lettere da lui indirizzate all'Accademia delle scienze di Bordeaux dal 12 luglio 1752 al 14 giugno 1753; e vennero riprodotti in un'operetta pubblicata dal De-Romas a Bordeaux col titolo: « *Mémoire sur les moyens de se garantir de la foudre dans les maisons* ».

Vuolsi ora dichiarare che, prima che altrove, furono tali sperienze ripetute in Italia. Vedremo infatti che già nei mesi di giugno e di luglio a Bologna, a Firenze, ed a Torino, si esplorava lo stato elettrico delle nubi, col mezzo delle sbarre isolate; mentre le ricerche degli inglesi Canton, Bevis e Wilson, cominciarono solamente il 20 luglio, e quelle dei russi Richman e Lomonozow, e dei tedeschi Boze e Gordon, non si effettuarono, che nell'estate dell'anno successivo, e più tardi ancora quelle di Muschembroeck. Inoltre le esplorazioni dei fisici italiani furono eseguite con particolare avvedutezza, e condotte ezian-
dio con maggior varietà di modificazioni negli sperimenti: tanto che in questa parte della scienza, quantunque già esplorata da Franklin e dai fisici francesi, giunsero tuttavia gli italiani a raccogliere buona messe di scoperte.

II.

L'Italia, che aveva cooperato nel secolo precedente, per mezzo dei lavori degli accademici del Cimento, a porre le basi dello studio dei fenomeni elettrici, non partecipò quasi al movimento scientifico compiutosi nella prima metà del secolo XVIII per le belle ricerche di Hawkesbee, di Grey e di Dufay: e appena cominciò a svegliarsi, dopo che lo sperimento di Leida aveva resi popolari gli studi elettrici in ogni parte d'Europa. Appartengono a quest'epoca le indagini relative alla medicina elettrica, delle quali già fu discorso nella terza sezione del periodo precedente. All'infuori delle quali null'altro ricorda il genio degl' Italiani in siffatte naturali ricerche, prima che sorgesse il padre G. B. Beccaria. Anzi le pubblicazioni di quel tempo rivelano, come gli elettricisti italiani troppo facilmente si abbandonassero agli slanci della immaginazione e della fantasia là, dove essenzialmente richiedevasi esattezza nelle osservazioni, sagacità negli sperimenti, ed acume di raziocinio nella investigazione delle cause dei fenomeni.

Un tale giudizio non parrà troppo severo a chiunque si faccia ad esaminare gli scritti, che videro la luce nei sette anni, che corsero dalla scoperta di Leida alla pubblicazione della prima opera del Beccaria.

Basti per noi il dare un cenno dei due principali; l'uno dei quali intitolato « *Dell'elettricismo*, » stampato nel 1746 in Venezia; e l'altro composto nel 1749 da Jacopo Belgrado, ed intitolato « *I fenomeni elettrici con i corollari da lor dedotti ecc.* ».

Della parte sperimentale del primo, che è assai particolareggiata e diffusa, nulla diremo: perocchè essa nulla presenta di nuovo, nè per la natura dei fatti accennati, nè per l'ordine, in cui sono disposti; seguendo assai da vicino le opere di Haussen e di Waitz, e restando tuttavia al disotto dei primi lavori, a quel tempo già pubblicati, in Francia dal Nollet (1).

(1) *Dell'elettricismo, ossia delle forze elettriche dei corpi svelate dalla fisica sperimentale, con un'ampia dichiarazione della luce elettrica, sua natura, e maravigliose proprietà; aggiuntevi due dissertazioni attinenti all'uso medico di tali forze.* Venezia, 1746.

Quest'opera è divisa in due parti. — Nella prima si espongono gli sperimenti dell'elettricità originaria, ottenuti con tubi di cristallo, con corpi di piccolo volume, e con macchine elettriche a sfera, ed a cilindro: è questo un compendio dei lavori di Ottone di Guerike, di Hawkesbee, e di Dufay.

Si presenta quindi un saggio fisico-meccanico sulla teoria delle forze elettriche.

Si espongono poscia i modi di elettrizzazione originaria dei corpi, o per solo strofinamento, o per solo riscaldamento, o per le due azioni combinate. — Si esamina il modo di azione della materia elettrica, il movimento di essa e la formazione delle atmosfere elettriche intorno ai corpi.

Si dimostra in seguito la elettrizzabilità di tutti i corpi, o per origine, o per comunicazione: isolando questi ultimi sovra stacciate resinose, o sospendendoli per fili di seta. — Si ricordano le sperienze del mercurio nel barometro e i fenomeni dell'elettricità nel vacuo; e si accennano gli impedimenti al libero passaggio del fluido elettrico.

Si discorre quindi delle due elettricità, vitrea e resinosa: e se ne ammette la distinzione, non per rispetto alla natura del fluido, sibbene riguardo alla diversità degli effetti. — Da ultimo si discutono i movimenti di attrazione e di ripulsione, si dimostra la sottigliezza degli effluvi elettrici; e si accennano le modificazioni, che la elettricità riceve dal calore dei corpi.

Nella seconda parte si tratta dell'origine della luce del mondo; e della sua analogia col suono; e si argomenta poscia della identità della luce ordinaria con la luce elettrica. — Si distinguono le varie specie di luce, che si sprigionano dai

Esaminiamo solo e brevemente il saggio fisico-meccanico sulla teoria delle forze elettriche, il quale si dice appoggiato all'osservazione e all'esperienza. — In esso la natura della materia elettrica si ravvisa identica a quella del fuoco. Invero questo si trova avere in sè le medesime proprietà, che distinguono il fluido elettrico: cioè una mobilità grandissima, ed un meraviglioso elatere. Ma il fuoco è alimentato dai solfi, dagli olii, dai bitumi, ossia è nutrito da particelle sulfuree; similmente l'elettricismo risiede soltanto nei corpi forniti di solfi, e non sono elettrizzabili quelli, che di tali solfi sono privi. Sembra quindi ragionevole il conchiudere che la sostanza elettrica altra cosa non sia, che la materia stessa dei solfi, o delle particelle sulfuree: le quali, per la forza dello strofinamento, divise e rotte nei loro primi elementi, formano un fluido sottilissimo e d'una grande mobilità, il quale produce e cagiona tutti i fenomeni elettrici. — Più altre analogie si trovano tra il fuoco e l'elettricità. Uno strofinamento continuato produce calore, comò il fuoco; svolge luce, splendore e scintille com'esso; dilata l'aria e la agita come il calore. — L'acqua è ugualmente nemica del fuoco e della elettricità: il calore tuttavia la penetra, e così pure il fluido elettrico, perocchè essa si elettrizza per comunicazione.

Stabilita con tali considerazioni la identità della materia elettrica col fuoco, — il quale si ritiene come un sottilissimo fluido, diffuso nell'aria, e nei pori della sostanza corporea, — si distinguono i corpi tutti della terra in tre classi: secondo che sono privi di solfo, come il vetro, l'acqua, i metalli; oppure ne contengono, ma in piccola quantità; ovvero ne sono largamente provveduti, come gli olii, i bitumi ecc. I corpi della prima classe racchiudono nei loro pori soltanto la materia elettrica, che è universalmente diffusa: i secondi hanno già una parte corpi elettrizzati, e si dà infine un saggio fisico-meccanico sulla teoria della luce elettrica.

Chiudono l'opera due dissertazioni: la prima delle quali volge intorno all'applicazione delle forze elettriche nella medicina teorica; e la seconda intorno all'uso delle forze medesime nella medicina pratica.

di materia elettrica consolidata in particelle sulfuree; il che ha pur luogo, ma in proporzione maggiore, pei corpi della terza classe. — Di qui la ragione per cui le materie resinose non si elettrizzano per comunicazione: la quale ragione si è che la materia elettrica, copiosamente in esse raccolta, respinge quella, che ancor vorrebbe, pel contatto, alle medesime comunicare. — Il vetro poi, non contenendo solfo, si elettrizza non di per sè, ma pel fluido, che riceve dalla mano, o da altro corpo capace di elettrizzarlo.

Ognuno vede la stranezza dell'ipotesi accennata. Ma se a giudicare quest'opera altri criteri tuttavia si volessero, basterebbe leggere il capitolo V della parte seconda, nel quale si dimostra in modo perentorio la identità della luce elettrica con la materia della luce solare, e quindi il capitolo VII, nel quale si dà un saggio fisico meccanico della teoria della luce elettrica ⁽¹⁾.

Non guari dissimili, nè meno fantastiche sono le opinioni emesse dal padre Belgrado della Compagnia di Gesù ⁽²⁾.

(1) V. opera citata pag. 235 a 244, e pag. 255 a 275.

(2) *I fenomeni elettrici con i corollari da lor dedotti, e con i fonti di ciò che rende malagevole la ricerca del principio elettrico. Opera dedicata all'Infante D. Filippo Borbone, Duca di Parma, da Jacopo Belgrado della Compagnia di Gesù.* Parma 1749.

L'autore tratta dapprima, brevemente, a modo di scogli, delle condizioni meglio acconcie all'elettrizzazione d'un globo o d'un cilindro di vetro: condizioni ch'egli riduce alla qualità e forma dei vetri, alla natura dello strofinatore, alle influenze atmosferiche, ed allo stato della macchina. — Espone quindi sommariamente quanto fu dai fisici precedenti osservato intorno alle attrazioni e ripulsioni elettriche; — alla scintilla; alla sua potenza calorifica, ed alle variazioni della luce elettrica nell'aria e nel vuoto; — al rumore della scintilla; — alla propagazione dell'elettricità nei diversi corpi; ed all'applicazione di essa alla medicina, secondo il sistema di Pivati, al quale sembra ch'egli presti fede.

Dai fenomeni esposti trae alcuni corollari, che gli aprono la via a formulare la ipotesi, che la elettricità derivi dal principio stesso, che genera la luce del sole. Da ultimo dichiara le fonti delle difficoltà nello scuoprimento della natura e cagione dei fenomeni elettrici.

Belgrado Jacopo, nato ad Udine nel 1704, fu prof. di matematica nell'Università di Parma, dove morì nel 1789. Fu uomo erudito, e pubblicò molte opere scientifiche.

Premessa una esposizione sommaria e brevissima dei fenomeni elettrici, il Belgrado ne deduce i corollari seguenti: che la materia elettrica è un fluido sottilissimo ed agilissimo, elastico, lucido, e quindi analogo alla luce, igneo e però identico al fuoco.

Trova tuttavia diversa la luce, ch' esce dal vetro e dal metallo: languida e biancastra riconosce la prima; forte, rossiccia ed ignea la seconda. La luce, che si sprigiona dal metallo, dal legno, dall'acqua, gli sembra partecipare della natura e dei caratteri dei corpi, pei quali si trasmette: onde gli pare che la luce elettrica o si generi ne' corpi medesimi, dai quali esce, ovvero si modifichi nel passare per essi. Quale tra queste due opinioni sia la più verosimile ei non sa decidere: nè l'una nè l'altra tuttavia, egli dice, varcano i limiti della verisimiglianza; e v'hanno argomenti a favore d'entrambe. Gli sembra tuttavia più semplice quella, che ammette l'esistenza della materia elettrica nel vetro e nei metalli; e così spiega il fenomeno della luce, che lo strofinamento sprigiona. « Nel corpo elettrizzato, dice egli, v'è il fluido elettrico già desto: nel secondo egli è ancora stagnante e fermo ed avvolto. Nell'atto che amendue s'accostano, l'uno l'altro desta, e destati amendue ondeggiando s'incontrano ed urtano, e nell'urto strofinandosi scambievolmente s'accendono ».

A spiegare poscia la origine dell'elettricità, egli suppone « che lo spirito elettrico igneo, lucido, a raggi divergenti, derivi dal principio stesso, onde producesi la luce del sole. » A questa ipotesi mette innanzi tre postulati, che sono: la universale diffusione del fluido elettrico, la correlazione dell'intensità dei fenomeni col modo di loro produzione, e la necessità di non ammettere più principii, che non abbisognino in natura, alla spiegazione dei fenomeni. Ciò posto, così egli ragiona: « Siccome da un globo, che gira intorno ai suoi perni, destasi, per un dolce strofinamento, un fluido elettrico, che addiviene lucido ed igneo: perchè il sole, rotando intorno al suo asse, non potrà destare una vivida e gentil luce, e

promuoverla agli occhi nostri ? Quando un globo s'aggira nel vuoto, con un delicato soffregamento risvegliasi la luce elettrica in modo, che ne riempie tutto il vano, e dolcemente gli occhi degli osservatori rallegra e conforta: e ove il vano, d'aere scevero, addivenisse maggiore, vedriasi tutto cinto di luce il globo. E forse se il moto divenisse più veloce, e lo strofinamento più delicato, vieppiù sincera e pura saria la luce, vieppiù distinti ne apparirebbero gli oggetti intorno, e questo spettacolo l'idea del giorno ci desterebbe. Ora suppongasì che il sole, in mezzo a uno spazio sgombero d'aria, velocissimamente si ruoti entro venticinque giorni intorno il proprio asse, onde un punto de' suoi massimi archi verria in un minuto a descrivere quasi sessanta miglia, e che lo strofinamento producasì dalla superficie del sole e dal fluido elettrico delicatissimo, che lo circonda. Qual ricchezza di finissima luce non dovia destarsi, e fino agli occhi nostri condursi? Siccome l'aere è capace di tutti i tuoni e di tutte le musiche consonanze, e siccome la genesi degli acutissimi dipende dalla velocità massima delle vibrazioni, che in essa o in altri corpi sonori destasi; così potrebbe non malagevolmente persuadermi, che questa velocità massima del sole produce sul fluido elettrico ciò, che in altro genere formano nella musica i velocissimi movimenti. Forse la luce elettrica del sole sarà nell'ordine dei più acuti, e quella, che risvegliasi dalle nostre macchine, sarà nella serie dei bassi e gravi. Forse apparterrà unicamente al sole lontano dalla materia, che impania ed involupa il fluido elettrico, destare il fiore di finissima luce, mentre all'arte dell'uomo sarà riserbato il discuoprimento di altra meno perfetta ».

Questa ipotesi, che per diversi aspetti si assomiglia a quella proposta nell'opera, di cui testè fu discorso, è giudicata dall'autore stesso *una bizzarra idea* (1). Al quale giudizio crediamo che più nulla s'abbia da aggiungere. Perocchè se col Belgrado consentiamo « che la natura è parca nel produrre i principi, splendida, anzi prodiga nel

(1) Belgrado, *opera citata*, pag. 30 e 31.

moltiplicare gli effetti », non siamo meno convinti altresì, che a risalire a così fatte sintesi delle forze naturali, si richiede un corredo di osservazioni e di fatti ben altro da quello, che ei pose a fondamento della sua ipotesi. — Ma il Belgrado disse anche più: ei conchiuse l'opera sua esprimendo la opinione, che « non si sarebbe venuti mai alla esatta conoscenza della cagione dei fenomeni elettrici strettamente connessi con quelli della luce, del suono, dell'elasticità, che son tutte cose ignote ». Della quale sentenza vogliamo a lui pure lasciata la intera ed assoluta responsabilità.

III.

La notizia dei maravigliosi risultati delle sperienze istituite dai fisici francesi, divulgatasi in Italia, non destò solamente un momentaneo e sterile entusiasmo nei cultori delle scienze naturali, ma segnò l'incominciamento d'una serie di lavori, altrettanto utili ai progressi della scienza elettrica, quanto degni del genio italiano.

Il Zanotti descrive, nei *Commentari* dell'Istituto di Bologna, i risultati delle osservazioni fatte da Giuseppe Veratti e da Tommaso Marino in quella città. Il Veratti drizzò sopra l'osservatorio dell'Istituto una sbarra lunga 46 piedi parigini, e grossa mezzo pollice, tenuta in posizione verticale da quattro funicelle di seta, ed isolata sopra una massa di solfo. — Un'altra alla base una catenella lunga 460 piedi, discendente per la torre nei sotterranei dell'osservatorio, e tenuta lontana dalle pareti laterali per mezzo di funicelle seriche. — Il 27 luglio ebbe i primi indizi dell'elettricità atmosferica, i quali poscia frequentemente si rinnovarono. — Pochi giorni dopo il Marino dispose una sbarra metallica isolata sul tetto della propria casa, e ricercò poscia l'azione dell'elettricità atmosferica sulla pioggia, e la relazione esistente tra questi due fenomeni meteorologici (1).

(1) V. *Commentar. Bononiens.* Tom. III, pag. 90, 200, 205. — Muschembroeck, *Corso di fisica*, Tom I, pag. 397.

Nell'autunno del 1752 si isolavano pure in Firenze delle alte sbarre metalliche, per esplorare la elettricità atmosferica. Anzi uno degli sperimentatori, traendo scintille da una sbarra, elettrizzata da nubi temporalesche, ebbe a risentirne una violenta commozione (1).

Ma fra tutti gli elettricisti italiani e stranieri di quel tempo si distinse il padre Giambattista Beccaria, allora professore di fisica nel Torinese Ateneo (2).

(1) Di tale fatto vece data coetanea al Nollet coe le segucoti parole:

« Un giorno, volendosi congiungere una piccola catena, avente ad un capo una sfera di rame, ad un'altra maggiore catena comunicante con una sbarra posta sopra il tetto della casa, per trarne scintille col mezzo delle oscillazioni di quella sfera, una striscia di fuoco, non veduta dallo sperimentatore, scorrendo per la catena, fece un rumore, come di fuoco fatuo. Nell'istante medesimo la elettricità si comunicò alla piccola catena, e diede all'osservatore una scossa sì gagliarda, che la sfera gli cadde di mano, ed egli stesso fu respinto alcuni passi indietro. La boccia di Leida non gli aveva mai dato una scossa tanto forte ».

Muschembroeck, *Corso di fisica*, Tom. I, pag. 397.

Journal des savants, ottobre, 1753, pag. 222.

(2) Giambattista Beccaria nacque in Mondovì il 3 ottobre 1716. Vestì l'abito dei Chierici regolari delle scuole pie nel 1732 in Roma, dove insegnò poi lettere italiane e latine. Si diede quindi allo studio delle matematiche e delle naturali discipline, e lesse filosofia in Palermo e poscia in Roma, dove levò ben presto così bella fama di sé, che nel 1748 Carlo Emanuele lo chiamò ad insegnare la fisica nell'Università di Torino. Quivi morì il 27 maggio 1781.

Della vastità del suo ingegno e dell'estesa erudizione sua nei varii rami delle scienze matematiche e naturali, più che gli onori da accademie e da principi a lui tributati, fanno fede imparziale e chiarissima le opere, che ei pubblicò, e delle quali accenniamo qui il titolo.

1. *Dell'elettricismo artificiale e naturale*, libri due, Torino, 1753.

2. *Beniamino Franklin viro de re electrica meritissimo*, J. B. Beccaria etc. Lettera del 24 dicembre 1757 letta alla Società Reale di Londra il 14 febbrajo 1760, ed inserita poscia nelle *Transazioni filosofiche* di quell'anno, coi commenti di Franklin. V. *Experiments in electricity*, Vol. II, parte II, pag. 514.

3. *Dell'elettricismo. Lettere a Giacomo Bartolomeo Beccari, preside dell'Istituto di Bologna*. Bologna, 1758.

4. *Osservazioni intorno alla doppia rifrazione del cristallo di rocca* a S. A.

R. il duca di York. Torino, 1764.

Intorno alle doppie rifrazioni fu pur letta una sua memoria alla Società Reale di Londra il 18 marzo 1762, e stampata nelle *Transazioni filosofiche* di quell'anno. V. vol. II, parte II, pag. 486.

5. *A S. A. R. il signor duca di York, sperienze ed osservazioni di G. B. Beccaria*. Torino, 1764.

Lo sperimento di Franklin non aveva rivelato che una parte dei segreti della terribile meteora. — Non poche questioni dovevansi

- È questa una raccolta di osservazioni relative agli effetti della scintilla e del fulmine.
6. *Eclipsis lunae observata Aug. Taurin. die 17 martii 1764 a J. B. Beccaria etc.*
 7. *Defectus solis Aug. Taurin. observatus 1 apr. 1764 referente J. B. Beccaria.*
 8. *Novorum quorundam in re electrica experimentorum specimen, quod regiae Londinensi societati mittebat die 14 januarii anni 1766 J. B. Beccaria ex scholis piis. Taurini.*
 9. *Novorum quorundam in re electrica experimentorum specimen, quod reg. Londin. soc. mittebat die 26 aprilis 1766 J. B. Beccaria ex scholis piis. Taurini.*
 10. *De electricitate vindice J. B. Beccariae ex scholis piis ad Benianimum Franklinum epistola. Aug. Taurinorum, die 20 februarii 1767.*
 11. *De atmosphaera electrica J. B. Beccariae ex scholis piis ad reg. Lond. soc. libellus. Taurini, 26 februarii 1769.*
 12. *Experimenta atque observationes, quibus electricitas vindex late constituitur atque explicatur. Aug. Taurinorum, 1769.*
 13. *Elettricismo artificiale di G. B. Beccaria all'A. R. del sig. duca di Chablais. Torino, 1772.*
 14. *Gradus Taurinensis. Aug. Taurin., 1774.*
 15. *Dell'elettricità terrestre atmosferica a cielo sereno. Osservazioni di G. B. Beccaria dedicate a S. A. R. il principe di Piemonte, 1775.*
 16. *Lettere d'un italiano ad un parigino intorno alle riflessioni del signor Cassini de Thury sul grado torinese, 1777.*
 17. *Nuovi sperimenti di G. B. Beccaria delle scuole pie per confermare ed estendere la meccanica del fuoco elettrico. Lettera al dottore Gian Francesco Cigna. Torino, 1780.*
 18. *Di un Ceraunografo e della cagione dei tremuoti, scritti due di G. B. Beccaria. Torino, 1780.*
 19. *Intorno alla naturalezza della cagione efficiente dei temporali e dei fenomeni compagni. Lettera al conte di Brusasco. Torino, 1781.*
 20. V'hanno inoltre più lettere del Beccaria a Wilson, a Marsilio Landriani, al conte di Scarnafigi, a Le-Roy, all'abate Fromond, la più parte riguardanti la elettricità, le quali furono pubblicate nella *Scelta di opuscoli*, che stampavasi in Milano e in Torino.
 21. Tra le opere inedite del Beccaria, che pur sono molte, accenniamo qui le seguenti principali:

Institutiones in physicam experimentalem.

Del fulmine. Lettere sedici.

Parecchie scritture intorno alle diverse meteore elettriche — ed il giornale delle osservazioni meteorologiche, e principalmente di elettricità atmosferica fatte in Carzegna presso Mondovì negli anni 1769, 1770, 1772, 1773, 1775, 1776, e in Superga nel 1780.

Intorno agli studi del padre G. B. Beccaria scrisse nel 1783 una memoria storica assai pregiata il suo discepolo prof. Eandi.

tuttavia risolvere intorno alla natura, alle apparenze, ed agli effetti molteplici di essa.

Il Beccaria compie l'opera iniziata da Franklin. Sperimentatore, com'esso, avveduto e sagace, drizza sul tetto della propria casa un'acuta sbarra metallica, e slancia nelle regioni dell'aria cervi volanti e razzi, a tutte le ore del giorno, a tempo nuvoloso e sereno: e i diversi fenomeni diligentemente osserva ed esamina, e col valor della mente, che in esso uguaglia la pratica avvedutezza, nuovi arcani rivela; onde il nome di lui a quello meritamente si accoppia dell'americano filosofo. Egli infatti, per mezzo di un filo metallico unito alla sbarra isolata, attira il fluido elettrico nella sua camera e ne chiarisce la identità di natura con l'artificiale. Studia le variazioni dello stato elettrico dell'atmosfera, e primo ne scuopre le leggi. Segna le vie del fulmine, e primo dimostra la efficacia degli apparati preservatori suggeriti da Franklin.

Nè il Beccaria si arresta al solo studio della elettricità atmosferica, divenuto, mercè sua, un ramo importante della fisica. Egli analizza ancora tutti gli effetti dell'elettricità ordinaria già conosciuti, ne scuopre dei nuovi, e conferma o ritrova, se non la immediata loro cagione, certamente spesso la vera e semplicissima legge, secondo la quale essi accadono.

Riconosce quindi la suprema necessità di un ordinamento logico delle cognizioni elettriche; perocchè l'ordine è, per se stesso, un criterio della verità; e col semplice ordinarsi dei fatti le verità simili si attirano e si uniscono, ed altri fatti eziandio, non peranco osservati, si rivelano all'intelletto umano. Perciò egli finisce il lavoro a grandi tratti abbozzato da Franklin. Il sistema di questo filosofo, massimamente in ciò che riguarda le due specie d'elettricità, positiva e negativa, si mostra al Beccaria, meglio d'ogni altro, conducente alla verità. Ma egli nell'adottarlo di tanta chiarezza ed evidenza lo conforta, e così ne amplifica l'estensione, da spiegare con

esso non solamente quanti fenomeni già erano conosciuti, ma quegli altri eziandio, che ed egli, e i contemporanei, venivano mano mano acquistando alla scienza. Così con una lunga e coordinata serie di sperienze riduce ad una sola legge, ad un solo universalissimo principio, tutti i movimenti, che si eccitano per l'elettricismo. E lasciando ad altri, cui piaccia, il formar sistemi su quel principio, che dagli sperimenti è dedotto e dimostrato, egli limita le proprie asserzioni a quello, di che i fatti lo convincono; persuaso d'altronde « che più giovi il sapere quello che realmente è, che non il fingere quello che potrebbe essere ». Imperocchè questa, cred'egli, dev'essere la vera ed unica maniera di investigare le naturali cose: « sperimentare su di esse con ogni possibile combinazione, e ridurre a certi universali fatti le particolari sperienze; dalla considerazione de' quali astrarre si possa la universale legge de' fenomeni ». Guidato da questi sodi principi il Beccaria pubblica, pochi mesi dopo le sperienze di Franklin e di Dalibard, la prima delle varie sue opere intorno all'elettricità. Nella quale i fenomeni dell'elettricismo atmosferico formano per la prima volta un corpo di dottrina, e, ciò che fu ai dotti di quel tempo cagione di non poca meraviglia, già compajono coordinati ai fenomeni dell'elettricità artificiale, e tutti al sistema frankliniano logicamente aggruppati.

L'opera dell' *« elettricismo artificiale e naturale »* del Beccaria, per novità di sperienze in essa descritte, per disposizione metodica delle parti, che la compongono, e per esattezza e lucidità di esposizione, si lascia indietro quante (e non furono poche, siccome vedemmo) pubblicazioni già s'erano fatte per l'innanzi in questo ramo delle scienze naturali. A nostro giudizio quest'opera è originale così, che essa, non solamente segna una compiuta linea di separazione tra l'epoca di Franklin e i periodi anteriori alla medesima, ma ne sembra eziandio, che essa, raccogliendo, e in nuova e più adatta forma presentando tutto, che di buono già erasi ritrovato nella prima metà

del secolo, e quant'altro si aggiunse, dopo la scoperta di Leida, segnatamente da Franklin, costituisca quasi un codice dell'elettricità: dal quale per ciò conviene pigli le mosse chiunque voglia esaminare i progressi fatti da questa scienza nella seconda metà del secolo XVIII. Per queste ragioni stimiamo anzi tutto necessario di presentare un'analisi particolareggiata dell'opera stessa: affinchè vegga il lettore quali fossero allora le condizioni della scienza elettrica, e possa ad un tempo, con piena conoscenza di causa, portare giudizio sull'opera del fisico Mondovita.

IV.

Il Beccaria comincia per distinguere l'elettricismo *naturale* « che per le sole forze della natura, senz'opera nostra, naturali effetti produce » dall'*artificiale* « che noi con l'arte, a nostro piacimento, eccitiamo nei corpi e sforziamo a manifestarsi ».

Accetta la divisione dei corpi in *elettrici per origine* ed *elettrici per comunicazione*, già stabilita, con lo sperimento, da Grey e da Du-fay: e dei primi distingue tre sorta, secondo che loro basta il solo stropicciamento, o la sola fusione, oppure vogliono, prima dello stropicciamento, essere scaldati, perchè acquistino, massime in tempo secco, la virtù di attirare a sè i piccoli corpicciuoli, di dare nel buio alcuna luce, e molti ancora di far sentire alla mano il *venticello elettrico*.

Stabilite queste nozioni preliminari, egli incomincia ad esaminare i fenomeni dell'elettricismo nei corpi elettrici per comunicazione. Perciò raccoglie i fatti universali, risultanti dalle sperienze, che si possono istituire, combinando in ogni possibile maniera lo isolamento, e la comunicazione col snolo, della catena ⁽¹⁾ e della macchina, e

(1) Beccaria chiama *catena* il corpo o la serie dei corpi elettrizzabili per comunicazione (conduttori) che, isolati, si pongono in prossimità del globo, o del disco della macchina.

variando del pari lo stato elettrico de' corpi, tra' quali si possono eccitare i *segni elettrici* (1).— Egli dimostra la mancanza dei segni elettrici, quando e la catena e la macchina sono in comunicazione col suolo; — la costanza dei medesimi nella catena, o nella macchina, allorchè l'isolamento è limitato soltanto o all'una, o all'altra di esse; — la impossibilità dei segni elettrici simultanei tra due parti della macchina, o tra due parti della catena; sibbene tra una parte della prima ed un'altra della seconda, — la maggiore intensità dei segni, allorchè la macchina, e la catena, sono alternamente elettriche — e la esiguità loro quando son dati dalla catena, e dalla macchina, ad un corpo isolato (2).

Nel riassumere e coordinare questi fatti, alcuni de' quali già riconosciuti dai primi inventori della macchina elettrica, ed altri in parte intraveduti da Watson e da Franklin, egli vi aggiunge il seguente, da niuno ancora avvertito: che se la macchina e la catena sono isolate, questa primieramente dà alcuni segni elettrici, i quali in breve s'indeboliscono e si dileguano. Spenti i segni della catena, incominciano a manifestarsi quelli della macchina, che tosto a loro volta scemano, e mancano. Di bel nuovo spenti i segni della macchina, ricompaiono nella catena, e così sempre in modo alterno.

Da questo fenomeno, connesso con l'altro osservato da Franklin: — che mai una parte della macchina, o della catena, dà segni elettrici ad altra parte della macchina o della catena: ma solo tali manifestazioni si ottengono tra una parte di quella e un'altra di questa, — egli trae argomento a stabilire la teoria dell'elettricismo. Perocchè gli apparisce ad evidenza, che tra l'elettricismo della macchina, e della catena (ossia dei conduttori circostanti alla macchina) non v'ha la medesimezza,

(1) Nel concetto di Beccaria per *segni elettrici* di un corpo debbonsi intendere i fenomeni, che accennano l'elettrizzamento del medesimo: tali sono l'attrazione e la ripulsione di corpi leggeri, la scintilla, ed il venticello, che si fa sentire al rovescio della mano accostata alla superficie del corpo elettrizzato.

(2) Beccaria, *Elettricismo artificiale e naturale*, cap. I, pag. 6 e seg.

che si trova tra l'elettricismo delle diverse parti della macchina, e neppure la medesimezza, che esiste tra l'elettricismo delle diverse parti della catena.

Questa differenza gli risulta anche più manifesta nei fenomeni luminosi delle punte metalliche, osservati primamente da Grey, e che egli si fa ad esaminare con diligenza anche maggiore di quella adoperata da Franklin medesimo, che pure ne riconobbe il potere dispersivo per la elettricità, e ne fece la stupenda applicazione ai parafulmini. — Nota infatti il Beccaria una differenza di luce sulle punte metalliche, secondo che le medesime sono solamente accostate alla macchina, oppure trovansi ad essa sovrapposte. Nel primo caso esce dalla punta un fascetto di innumerabili e minutissimi raggi, fra loro divergenti, che successivamente si suddividono, e scompaiono, a misura che più si scostano dalla punta. Accompagna il fascetto di luce uno stridore o cigolamento (già notato da Grey) somigliante a quello di legna verdi poste sul fuoco, e ch'egli per ciò denomina *cigolamento elettrico*, mentre dice *fiocco elettrico* il fascetto luminoso. — Collocata per contro la punta metallica sopra la macchina, ed accostatole un corpo conduttore, questo splende in alcuna sua parte, mentre si aduna sulla spranghetta metallica una tenue luce, incomparabilmente minore del fiocco precedente; la quale egli distingue col nome di *stelletta elettrica*, tuttochè, bene osservata, rassomigli ad un piccolo cono, formato da cortissimi raggi, convergenti nella punta. — Apparenze contrarie presenta la spranghetta metallica rispetto alla catena. Infatti avvicinata ad essa dà la stelletta, in vece del fiocco; e posta con essa a contatto dà questo, e non quella (1).

Siffatta varietà di luce sulle punte metalliche, rivela al Beccaria il modo di circolazione dell'*elettrico vapore* (2), e gli conferma nella

(2) Beccaria, *El. art. e nat.*, cap. 1, pag. 8 e seg.

(3) Dà il Beccaria al fluido elettrico la denominazione stessa di *vapore elettrico* datagli già da Newton nel suo trattato di *Ottica*. Lib. III, quest. VIII.

mente la distinzione delle due specie di elettricismo. « Imperciocchè, egli dice, il fioceo elettrico, che scorre dalla spranghetta alla macchina, o si osservi la successiva divergenza, suddivisione e scolorimento dei raggi, che lo compongono, o si consideri il piegamento di lui verso i punti più vicini della macchina, certamente altro non è, che una corrente di elettrico vapore, che dalla spranghetta alla macchina si propaga; e similmente il fioceo elettrico, che esce dalla spranghetta annessa alla catena comunque elettrica, e si dirige ai corpi stranieri comunicanti col suolo, è una simile corrente, che si propaga dalla catena verso questi corpi. — All'opposto la stelletta lucida della spranghetta annessa alla macchina, cui si presenta un corpo straniero, è formata dal concorso dei raggi elettrici, che dal corpo straniero si uniscono in essa punta; e la stelletta lucida della spranghetta presentata alla catena, altro non è che il concorso de' raggi elettrici, che dalla catena si disperdono in essa punta, come in corpo straniero ».

« Abbiamo dunque questo principio, che più determinatamente ne divisa la differenza dell'elettrizzazione della macchina da quello della catena: che essendo comunque elettrizzata la macchina, è essa in istato di ricevere da un corpo straniero; ed essendo comunque elettrizzata la catena, è questa in istato di compartire a' corpi stranieri una quantità di elettrico vapore » (1).

Osserva poscia il Beccaria come, — poste la macchina e la catena entrambe in comunicazione col suolo, od entrambe isolate, e stropicciandosi il globo nell'oscurità — splende il vapore elettrico tra le dita di chi stropiccia il globo ed il globo medesimo, e tra il globo ed i fili metallici posti a capo della catena. L'apparizione di tali stellette, e l'attitudine, che hanno la macchina di ricevere il vapore elettrico dai corpi stranieri, e la catena di disperderlo in questi, gli accennano chiaramente, che il vapore elettrico scorre e si propaga dai corpi stranieri nella macchina, e da questa, pel corpo strofinante, passa nel

(1) Beccaria, *El. art. e nat.*, cap. I, pag. 10 e seg.

globo, e quindi, pel fiocco metallico, nella catena, da cui si espande ne' corpi stranieri. Frattanto dalla macchina e dal suolo il corpo strofinante riceve altrettanto vapore in compenso di quello ceduto al globo, e da questo diffuso alla catena (1).

Dal che argomenta della naturale diffusione del vapore elettrico ne' corpi, e della forza, con la quale dai corpi, in cui trovasi in eccesso, si spande in quelli, che ne difettano: e mette in evidenza come l'attitudine d'un corpo a ricevere elettricità da un altro essenzialmente dipenda dalla differenza del loro stato elettrico; e come ancora la circolazione di questo fluido ne' corpi conduttori non sia ragione sufficiente, perchè i medesimi diano segni elettrici a corpi stranieri, se prima non vengano isolati (2).

Con questi principi, analiticamente dedotti con l'esperienza, egli spiega i fatti generali relativi all'elettrizzazione della macchina, e dei conduttori, costituenti la catena; e chiarisce l'universale consentimento dei medesimi con la teoria, mostrandone la dipendenza da un unico principio: cioè che ogni segno elettrico è prodotto dal vapore, che dal corpo, in cui è in copia maggiore, si spande nell'altro, che ne ha meno, con una vivacità di segni proporzionale alla differenza di queste due quantità (3).

V.

A porre viemmeglio in sodo la teoria di Franklin, imprende il fisico italiano a discutere i segni dell'elettricismo in particolare.

Esaminando il fenomeno delle attrazioni e delle ripulsioni — col ripetere e variare in più modi e gli sperimenti, che sopra fili di lino già avevano istituito Guerike, Hawkesbee, Grey e Dufay, e quelli svariatiissimi sovra pendolini di sovero immaginati da Franklin —

(1) *Elettric. artif. e nat.* cap. I, pag. 11 e seg.

(2) *Id.* cap. I, pag. 12 e seg.

(3) *Id.* cap. I, pag. 14 e seg.

prova il Beccaria, che i movimenti elettrici tutti dipendono dal sovraccennato principio: che due corpi inegualmento elettrici si accostano con una vivacità di moto proporzionale alla differenza del vapore elettrico da essi posseduto (1).

Considerando poscia il fenomeno della ripulsione permanente, che sussegue alla prima attrazione, osserva che una sfericciuola di sovero dopo alcun tempo ricade dalla posizione obliqua, assunta dopo il contatto d'un corpo elettrizzato, e ricorrendo al medesimo altra volta lo tocca, e poscia se ne scosta, riprendendo la posizione obliqua di prima. Che se alla sfericciuola, mentro è sospesa, si accosta il dito, velocemente a questo ella si dirige, e subitamente rivola al corpo elettrizzato.— Dall'esame di questo fatto egli conchiude con Franklin, che l'aria non è atta ad assorbire l'eccesso ed a compensare il difetto dell'elettricismo della sfericciuola, come a ciò sono idonei i corpi conduttori. Ma poichè dopo alcun tempo la sfericciuola ricade; e non ricade se non dopo aver comunicato l'eccessivo vapore, o compensazione il difetto; e d'altronde per le circostanze dello sperimento, non havvi altro corpo, che possa riceverne o darne: ne segue che l'aria può dare o ricevere, in tratto di tempo, una quantità di elettrico vapore, che atti sono a dare o ricevere in un istante i corpi conduttori: e che nel caso concreto, la sfericciuola, fuggendo dal corpo elettrizzato, va a sospendersi nell'aria più lontana da esso, perchè rispettivamente meno elettrica; onde ad essa può comunicare il suo eccesso, o riceverne il compenso del suo difetto (2).

Da questa proprietà dell'aria combinata col principio fondamentale della teoria frankliniana, il Beccaria ricava la ragione di alcune sperienze, le quali complicatissime apparvero ai fisici, che primi le istituirono: siccome la divergenza di due fili o di due pendolini posti sopra la macchina o sopra i conduttori elettrizzati; — il crescere

(1) *Elettric. artif. e nat.* cap. II, pag. 48 e seg.

(2) *Id.* cap. II, pag. 25 e seg.

dell'angolo di loro divergenza in ragione dell'intensità elettrica; — lo scostarsi vieppiù di ognuno di essi dalla verticale, se gli si avvicina un conduttore — il rimanere a questo aderente se giunge a toccarlo ecc. (1).

Dalle medesime leggi il Beccaria fa dipendere lo sparpagliamento, che primi osservarono i fisici tedeschi, di una sottile vena di liquido sgorgante da un vaso elettrizzato. Mostrando infatti come tra i filetti di essa vena succedano gli stessi fenomeni, che tra due o, meglio, più fili di lino posti sopra un corpo elettrizzato, arguisce dell'unità ed identità di ragione dei due effetti: cioè che, come i fili, così gli spruzzi del getto liquido si espandono e si scostano verso l'aria laterale, meno di essi elettrica, giusta la legge costante, che un corpo qualunque si avvicina ad un altro, se inegualmente elettrico. E conferma il fatto della poca attitudine dell'aria nel dare e nel ricevere il vapore, in paragone della attitudine somma de'corpi conduttori (2).

Nel mostrare la dipendenza di questi fatti dalla teoria frankliniana, pare al Beccaria, che la naturale ragione di essi sia sfuggita al Franklin medesimo: il quale suppone, che le parti del getto liquido si espandano per la ripulsione cagionata dall'elasticità del vapore, onde sono cariche. Al che egli osserva che se ciò fosse, non dovrebbe manifestarsi un uguale sparpagliamento, allorchè il getto è elettrizzato negativamente, epperchè minore è la forza del vapore: dovendo anzi il getto non già dividersi in spruzzi divergenti, ma scorrere più unito, che non faccia quando trovasi nello stato naturale (3).

Inetta del pari alla spiegazione degli accennati fenomeni riconosce la ipotesi di Nollet di due correnti simultanee di materia elettrica, effluente l'una dal corpo elettrizzato, affluente l'altra al medesimo dai

(1) *Elettric. artif. e nat.* cap. II, pag. 26 e seg.

(2) *Id.* cap. II, pag. 28 e seg.

(3) Vuolsi qui avvertire che la spiegazione data da Franklin concorda con quella oggi ammessa, che cioè due corpi egualmente elettrizzati, siano positivamente o negativamente, fra loro si repellono.

corpi vicini. Accetta Beccaria le due verità, che sono implicitamente riconosciute da questo sistema, cioè la universale diffusione del vapore elettrico e la necessità del compenso di quello, che dai corpi elettrizzati continuamente si spande, — ma respinge il sistema, combattendo ad uno ad uno i fatti, sui quali esso è appoggiato (1).

Nemmeno più razionale trova la opinione di coloro, tra i quali Hawkesbee, che assegnano alla reazione dell'aria contro l'elettrico vapore, che intorno ai corpi elettrizzati si espande, l'ufficio di respingere verso di quelli i piccioli corpicciuoli; avendogli opportuni sperimenti dimostrato, che i movimenti elettrici avvengono tuttavia nel vuoto.

Curiose sono le sperienze da esso istituite in proposito. Prese ad esaminare dapprima i mutamenti, che avvenivano nel fiocco elettrico di una verghetta acuminata di ottone, introdotta nella campana

(1) I fatti invocati dai Nolletisti in appoggio del sistema delle affluenze ed effluenze simultanee sono i seguenti:

1. Accostando corpi conduttori ad un altro elettrizzato, veggonsi uscire da quei corpi dei getti luminosi simili a quelli, che escono da una sbarra di ferro elettrizzata: vi ha dunque una materia *affluente* identica alla *effluente*.

2. La superficie di un liquido si solleva verso un corpo elettrizzato, che le si avvicina; le foglie leggere vi si accostano più rapidamente, se poste sopra un corpo conduttore. Questi movimenti sono prodotti dalla materia affluente dai liquori, ecc. verso il corpo elettrizzato.

3. Un liquido elettrizzato si evapora, a cagione della materia effluente; si evapora anche, se posto in vicinanza di un corpo elettrizzato; in grazia della materia effluente da esso, che sarà affluente rispetto al corpo elettrizzato.

Ma a questi fatti il Beccaria contrappone la differenza negli effetti luminosi (fiocco e stelletta) che son presentati dal corpo elettrizzato, e dai conduttori accostati al medesimo. — Osservando poi che le punte spogliano rapidamente i corpi, cui si accostano, della elettricità, onde sono provveduti, argomenta che le punte, anzichè dare, ricevono ed assorbono la elettrica materia: il quale principio, ammesso pure da Franklin, è erroneo, come già altrove dicemmo. — Spiega poi il sollevamento dei liquori col generale principio, che i corpi inegualmente elettrici a vicenda si attraggono. — Mostra che la varia celerità di movimento dei corpi leggeri, posti su corpi conduttori o coibenti, dipende da ciò, che su quelli si distrugge al primo contatto lo stato elettrico, mentre su questi dura per maggior tempo; epperchè men vivo è il riaccostamento al corpo elettrizzato. — Quanto poi alla evaporazione dichiara bastare a produrla la sola materia affluente.

V. Beccaria, *El. art. e nat.*, cap. II, pag. 30 c seg.

pneumatica. A misura che questa si vuotava d'aria, i raggi del fiocco si allungavano, mentre ne scemava il numero e la divergenza, e s'aumentava la grossezza di quelli residui. Quest'esperienza lo convinse che l'aria, tuttochè atta a dare e ricevere, in tratto di tempo, l'elettrico vapore, al medesimo tuttavia resiste, allorchè copiosissimo la invade, e perciò lo divide e lo sparpaglia se densa, e ne permette una più facile propagazione se rarefatta.

Gli nacque frattanto il sospetto, che la reazione dell'aria in alcun modo influisse sui movimenti elettrici; ma tosto mutò opinione, allorchè vide nel vuoto un filo di refe, appeso alla verghetta, oscillare alternamente fra la parete della campana o un dado di ottone, collocato a poca distanza dal filo. — Sperimentò poscia con minuzzoli di foglie d'oro, poste sul piatto della macchina, e vide alcune di esse come drizzarsi in piedi, e in tale positura trattenersi, finchè durava lo elettrizzamento, ed altre accorrere verso la parete della campana, appena si venisse alla medesima accostando il dito. — Rinnovò da ultimo lo sperimento, isolando la macchina pneumatica.

Dagli accennati sperimenti gli risultò, che l'aria non è assolutamente necessaria per gli elettrici movimenti: laonde questi non dipendono punto dalla reazione dell'aria, ma sono una logica conseguenza dell'attrazione, che ha luogo fra corpi inegualmente elettrici (1).

Dallo stesso principio dell'attrazione, che ha luogo fra corpi inegualmente elettrici, fa dipendere la ragione di altri movimenti, siccome dello scampanio elettrico, immaginato dai fisici di Germania, del ballo elettrico, immaginato da Watson in seguito allo sperimento di Newton (2), dell'altalena elettrica e della girandola elettrica, da lui costruite ad imitazione della macchinetta, a mezzo della quale Franklin volle rappresentare il movimento dei pianeti (3).

(1) *Elettr. artif. e natur.*, cap. II, pag. 33 e seg.

(2) V. Periodo primo, pag. 22.

(3) *Elettr. artif. e natur.*, cap. II, pag. 41 e seg.

Dimostra infine con la esperienza, che le scintille e il venticello elettrico non solo dipendono dal principio fondamentale su esposto, ma sono lo stesso elettrico vapore, che dal corpo, che ne ha più, al corpo, che ne ha meno, ad eguaglianza si diffonde. Infatti e lo scintillo e il venticello elettrico si hanno tra una persona allo stato naturale, ed un'altra elettrizzata in più od in meno, e specialmente hanno luogo tra due persone contrariamente elettrizzate: il che accenna chiaramente il diffondersi dell'elettrico vapore, dal corpo, che lo contiene in eccesso, a quello, che ne possiede di meno.

VI.

Dedotta cogli sperimenti la legge di propagazione dell'elettrico vapore, esamina il Beccaria i modi di eccitamento dell'elettricismo nei corpi.

Cagione eccitante precipua, ma non unica, è lo strofinamento, il quale non produce, ma sprigiona soltanto il fluido naturalmente diffuso ne' corpi, siccome già dimostrarono le sperienze anteriori di Watson o di Franklin. — Come poi avvenga il movimento del fluido per l'azione dello strofinio, egli non sa, nè altri prima di lui seppe dirlo. Considerando tuttavia che lo stropicciamento vicendevole dei corpi li scalda, e sì ne eccita il fuoco in essi nascosto, che talora li abbrucia, li infiamma e li scioglie; — che alla migliore riuscita dei fenomeni elettrici giova assaissimo il riscaldamento dei corpi, coi quali si sperimenta, e che l'elettrico vapore circola più agevolmente nei corpi riscaldati; — che l'elettricità produce a sua volta tanto calore da infiammare i corpi, ne' quali si propaga; — che finalmente per la sola fusione alcuni corpi si elettrizzano; tutti questi fatti considerando, egli cade in sospetto, che appunto lo eccitamento delle ignee particelle possa servire di mezzo per lo eccitamento dell'elettricismo ⁽¹⁾.

(1) Beccaria, *Elettr. artif. e natur.*, cap. III, pag. 48 e seg.

Del resto, in qualunque modo si faccia l'interiore movimento del fluido elettrico, la esperienza chiarisce, ch'esso dal suolo accorre nel corpo strofinante, e da questo al globo o cilindro strofinato, dal quale passa ne' conduttori formanti la catena, per mezzo del fiocco metallico, con cui essa si accosta al globo della macchina.

In questo caso la catena è elettrizzata per eccesso, perciocchè raccoglie l'elettricità dalla macchina, e, in grazia del suo isolamento, altrove non diffonde il vapore ricevuto. — Ad elettrizzare poi negativamente la macchina basta lo isolamento di essa, affinchè il suolo più non supplisca al difetto di vapore, che essa trasmette alla catena. Dunque l'isolamento della catena determina lo stato elettrico positivo, e l'isolamento della macchina lo stato elettrico negativo: le quali due semplici maniere di elettrizzare in più ed in meno la macchina elettrica sono ancora oggidì comunemente adoperate (1).

Tralasciata la questione del modo particolare di azione dello strofinamento, dubbia ancora ai dì nostri, perchè intimamente connessa alla natura, pur essa incognita finora, dell'elettrico fluido, sperimenta il Beccaria intorno alla velocità ed alla direzione, secondo le quali ne avviene la propagazione nei conduttori. — Non ignorava egli i tentativi fattisi, pochi anni innanzi, in Francia da Lemonnier e in Inghilterra da Watson, nè i mezzi, che in siffatte ricerche eransi adoperati. Anzi ad imitazione di questi egli « tese ed isolò in giro d'un ampio chiostro una serie di cordicelle da cembalo, formanti una catena della lunghezza di 500 piedi parigini. Congiunse uno dei capi della catena al fiocco metallico contiguo al globo, ed applicò all'altro capo, che era distante dal primo per soli quattro piedi, una sfera di legno dorata; collocando sott'essa, e a distanza di un pollice, dei minuzzoli di foglie d'oro sovra un piatto di stagno. Accanto al primo capo della catena adattò un pendolo sospeso tra archi di cicloide, atto a fare due vibrazioni per secondo. Era questo tenuto fuori di sua posizione di

(1) *Elettric. artif. e natur.* cap. III, pag. 50.

equilibrio per mezzo d'una cordicella metallica annodata a quella del circuito, onde avveniva che la catena, per via di questa comunicazione col pendolo, e conseguentemente col suolo, non cominciava ad elettrizzarsi che nell'istante, in cui si troncava la comunicazione medesima: nel quale istante cominciavano pure le oscillazioni del pendolo. Eseguido più volte lo sperimento, sempre gli riuscì di contare una vibrazione, prima di scorgere alcun movimento nei corpi leggeri sottoposti alla sfera dorata. — Con funicelle di canapa notò non meno di sette vibrazioni; e da due a tre soltanto, se il canape era bagnato». — Questo ritardo non gli accadde sperimentando con la scarica, assai più forte, della boccia di Leida: laonde egli suppose, che quel tempo non rappresentasse la intrinseca velocità del fluido elettrico; il quale potè benissimo essersi propagato all'ultimo capo della catena in tempo minore, ma esservi alquanto soffermato, dovendosi adunare in maggior copia, prima di aver forza sufficiente a manifestarsi: il che, diciam di passata, non concorda col sospetto, da lui concepito, di una velocità variabile in proporzione dell'intensità del fluido elettrico, e d'altronde contraddetto dalle sperienze del secolo nostro, come già altrove ebbero occasione di dire ⁽¹⁾.

Anch'egli, intonacando di pece, per alcun tratto, un filo metallico, ed elettrizzando un tubo pieno di mercurio, riconosce che la propagazione del fluido elettrico ne' conduttori, si fa per addentro alla loro stessa sostanza. — E traendo scintille da conduttori, presentanti sulla loro superficie delle interruzioni, è primo a dimostrare, che l'aria circostante ai corpi elettrizzati è pur essa elettrizzata a sua volta: ma l'elettrico vapore semplicemente l'attraversa dove lo spazio più breve separa il punto, da cui scocca la scintilla, e il punto del conduttore, che deve riceverla, rinnovando tante volte la scintilla, quante sono le interruzioni; laddove nei conduttori continui passa inosservato e senza strepito ⁽²⁾.

(1) *Elettric. artif. e nat.* cap. III, pag. 51 e seg.

(2) *Id.* cap. III, pag. 53.

Lemonnier sperimentando sulla propagazione dell'elettricità nei conduttori, dimostrava che la vivacità della scintilla è maggiore nei fili e nelle lamine metalliche di maggiore lunghezza. Beccaria ripetendo le sperienze di Lemonnier, ed altre ancora è singolarissime aggiungendone, relative al fiocco elettrico nel vacuo (esperimento detto oggidì dell'*uovo elettrico* o *filosofico*) conferma il principio, che l'elettrico vapore scorre con maggior forza nel senso della lunghezza de' corpi, e s'ingagliardisce in ragione di questa lunghezza medesima (1).

Dal quale principio egli, innanzi ad ogni altro fisico, deduce che, l'elettrico vapore, diffondendosi nei corpi conduttori, dove si restringe la forma e lo spessore de' medesimi, ivi a proporzione si condensa e cresce di forza e di attività. Il perchè nelle punte metalliche lo elettrico fluido si va riducendo a densità sempre maggiore nelle parti gradatamente più sottili, e all'apice delle medesime si accumula per modo, da vincere la resistenza dell'aria, e l'attraversa, fuggendo da quelle in forma di fiocco: il quale non solo accenna la direzione dell'efflusso; ma sciogliendosi in più raggi luminosi, agitando l'aria, a guisa di venticello, e cigolando nell'attraversarla, chiaramente dimostra il suo condensamento nella punta, da cui esce. — Del disperdimento del vapore elettrico per le punte, e del consentimento di questo fenomeno con la teoria stabilita, egli adduce a prova gli sperimenti stessi di Franklin: ai quali aggiunge i seguenti conchiudentissimi. — Postosi sovra una materia isolante, avendo in una mano una punta metallica, e tenendo con l'altra la catena della macchina, egli osserva che la punta, se diretta verso l'aria, dà il solito fiocco; — se rivolta verso il dito di una persona non isolata, dà il fiocco più unito e disteso; — se presentata ad altra persona comunicante colla macchina, ma isolata, lo dà anco più vivo, e a distanza assai maggiore. — Se finalmente il fiocco si produce tra lo

(1) *Elettric. artif. e nat.* cap. III, pag. 55 e seg.

dita della persona isolata, e della non isolata e comunicante colla macchina, quasi per intiro verso il dito di questa si volge. I quali fatti s'accordano con la legge, giusta la quale l'elettrico vapore si diffonde nel fiocco delle punte, con forza proporzionale alla differenza dell'elettrizzazione dei corpi, tra i quali si produce il fenomeno (1).

VII.

I fenomeni luminosi delle punte metalliche parvero ai Nolletisti la miglior prova della simultanea formazione delle due opposte correnti, effluente ed affluente. L'analisi accurata di que' fenomeni conduce il Beccaria ad opposte conclusioni: egli abbatte quel sistema con le armi stesse, con cui si credette dai fautori di esso di poterlo difendere.

Scorge egli dapprima tra il fiocco e la stelletta non poche differenze di grossezza, di forma, di cigolamento, e di direzione dei raggi, che l'uno e l'altra compongono: donde argomenta della non assoluta identità di loro natura. — Poscia con lo sperimento riconosce diversa la cagione, onde nascono. Infatti una sfera metallica isolata e sospesa, mercè un filo di seta, dinanzi ad una punta metallica sovrapposta al conduttore della macchina, viene gagliardamente elettrizzata dal fiocco, che esce dalla punta. — Se alla sfera per tal modo elettrizzata si accosta la punta, che si toglie al conduttore, comparisce per pochi istanti sovr'essa la stelletta, e frattanto la sfera si disc elettrizza. — Se poi la sfera è collocata fra due punte, l'una delle quali annessa al conduttore, e l'altra comunicante col suolo, splende sulla prima il fiocco, e la stelletta sulla seconda; e frattanto la sfera non dà segni elettrici. Vedcsi cioè « che nel primo caso il fiocco solo elettrizza la sfera, nel secondo la stelletta sola distrugge lo stato elettrico prodotto dal fiocco; nel terzo infine la stelletta continuamente distrugge lo

(1) *Elettric. artif. e nat.* cap. III, pag. 56 e seg.

stato elettrico, continuamente riprodotto dal fiocco. Onde contraria debb'essere la cagione delle due apparenze luminose, se, come infatti si vede, contrario ne è l'effetto. E per ciò, siccome il fiocco elettrizza la sfera, compartendole il vapore elettrico, così la stelletta la diselettrizza, assorbendone il vapore e disperdendolo nel suolo ». D'altronde già vedemmo ottenersi il fiocco e la stelletta della macchina in circostanze affatto opposte a quello, in cui si ottengono dai conduttori alla medesima annessi: è pertanto naturale, che in opposta maniera eziandio si formino.

Come adunque l'elettrico vapore forma il fiocco e la stelletta sulle punte metalliche? — Esaminando il fiocco e la stelletta su punte simili, presentate a superficie anch'esse simili, e di larghezza bastantemente estesa, scorgesi che il primo è il vapore elettrico, il quale esce dalle punte, che ne sono sovracariche; e la seconda è vapore, che entra nelle punte, che ne sono rispettivamente mancanti. Invero il fiocco allunga ed estende maggiormente i suoi raggi, perchè grande è la densità e la forza, con cui esce da una punta: la stelletta per contro stende la sua luce a poche linee; chè il rado vapore, il quale parte da un'ampia superficie, e si dirige ad una punta, a poca distanza da questa si raccoglie in densità sufficiente a respingere l'aria, che gli resiste; onde là forma un punto luminoso. — Il fiocco cigola, perchè il denso di lui vapore mette in vibrazione l'aria, che attraversa: cigola la stelletta, ma più leggermente; chè il vapore di lei meno denso induce nell'aria meno forti vibrazioni. — Il fiocco risplende chè risplende il vapore elettrico, qualunque volta attraversa l'aria in densità sufficiente; splende, ma non sì vivamente la stelletta, a cagione della minore densità dei raggi, che la compongono.

Queste differenze tra il fiocco o la stelletta cessano quasi per intero, quando una punta metallica si presenti ad altra punta: allora la stelletta si ingrandisce, ed assume le apparenze d'un fiocco. Ma ciò, avviene da che, essendo le due punte assai vicine, questo unisce i

suoi raggi a quelli della stelletta, e ne accresce perciò la grossezza e lo splendore. Infatti se grande è la distanza, che separa le due punte, appare su quella, che comunica col suolo, la semplice stelletta, e questa poi cresce di vivezza e di estensione, a misura che s'avvicina al fiocco dell'altra punta. — Dai quali fatti il Beccaria ricava la generale conclusione: che le punte, presentate ai conduttori della macchina, ne ricevono l'elettrico vapore, e nulla ad essi ne danno; o in altre parole: che nella punta, meno provveduta di elettricità, si diffonde il vapore dai corpi, che più ne hanno. Con molti sperimenti poi riconosce, che un corpo più acuto a sè trae l'elettrico vapore da maggiori distanze, ma in quantità e densità minore, che non faccia uno meno acuto.

Di questi fatti, che tutte le sperienze confermano, facilmente si rivela la causa a chiunque rifletta ai due principi, già stabiliti, della diffusione del vapore da un corpo all'altro, in proporzione della differenza dell'elettricismo d'ambedue, e della resistenza, che l'aria oppone allo scorrimento dell'elettrico vapore. Infatti la figura della stelletta ne mostra, che a formarla concorrono molti raggi, i quali da una assai larga superficie del corpo elettrizzato si volgono tutti all'apice della punta, e si uniscono a vincere la resistenza del filo sottilissimo d'aria, che attraversano. Basterà dunque che la punta trovisi nei limiti dell'atmosfera elettrica, perchè il vapore, concorrendo da quei limiti, possa formare una sottile corrente, attraverso d'un piccolo, e quindi poco resistente filo d'aria, verso la punta medesima. — Nè sarà necessario immergere molto profondamente la punta in essa atmosfera, per averne scintille; e ciò semprechè la punta non sia soverchiamente acuminata.

Che se si arrotondisce l'apice della punta, le diverse parti del vapore si dirigeranno ai diversi punti della superficie rotonda, e conseguentemente dovranno attraversare diversi fili d'aria, crescendo perciò la resistenza da vincersi; per cui dovrà la punta avvicinarsi

di più al corpo elettrizzato, ed immergersi nell'atmosfera più densa di vapore, per ricevere una tanto maggior copia di questo, quanto maggiore eziandio è la resistenza da vincersi. Donde si vede, che la scintilla s'avrà bensì da minore distanza, ma sarà, a proporzione della maggiore quantità di vapore, più efficace e più viva. Che se poi la figura del corpo sarà piana e molto estesa, il vapore elettrico, che ad essa si volge, dovendo dirigersi ad un grandissimo numero di punti, attraverserà l'aria senza scuoterla sensibilmente, e quindi senza scintillare. Di ciò porge evidentissima prova il venticeppo, che si ottiene invece della scintilla, quando ad un corpo elettrizzato si presenta il rovescio della mano, invece della nocca del dito ⁽¹⁾.

Con questi principii, che il Beccaria fu primo a dichiarare, facilmente si spiegano i risultati delle prime sperienze istituite da Grey sopra i conduttori acuminati, e si dà ragione di moltissimi altri fatti congeneri: tra i quali il curiosissimo della *beatificazione* di Boze; — il debole elettrizzamento sia dei conduttori, se armati di punte, sia della macchina, se alla medesima si accosta un conduttore acuminato; come pure il volgersi delle foglie d'oro o d'argento per le loro parti più acute verso il corpo, che le attira ecc.

VIII.

I conduttori elettrizzati, ed armati di punte, tacitamente, e senza interruzione diffondono nell'aria il vapore elettrico, che in essi sovrabbonda. — Un tale disperdimento di fluido nell'aria si fa eziandio dai corpi non acuminati, sebbene varia ne sia la velocità e la quantità. Laonde formasi attorno a questi corpi un' *atmosfera elettrica*: col quale nome il Beccaria e, con esso, gli altri fisici designano lo spazio d'aria, nel quale diffondesi il vapore del corpo elettrizzato.

A formare ed a conservare quest'atmosfera due forze opposte simultaneamente concorrono; cioè la forza espansiva del vapore e la

(1) *Elettric. artif. e nat. cap. III, pag. 59 e seg.*

coercitiva dell'aria; posto in evidenza, la prima dal cessar del fiocco, cessando lo stropicciamento, e quindi l'afflusso del vapore elettrico nel conduttore; e la seconda dall'ingrandirsi del fiocco elettrico in ogni senso, sotto la campana pneumatica, a proporzione che se ne toglie l'aria.

L'esistenza di quest'atmosfera è dimostrata dai segni elettrici, cioè dalla stelletta, dal venticello, e dal movimento dei corpi leggeri posti a qualche distanza dal corpo elettrizzato. — Ma questi segni appajono, non solamente intorno ai conduttori formanti la catena, ed elettrizzati in eccesso; ma eziandio intorno alla macchina, la quale è negativamente elettrizzata. — Dunque il vapore elettrico si espande non solo dalla catena, che ne sovrabbonda, ma ancora dalla macchina, che ne difetta?

A questa obbiezione così risponde il Beccaria: « Il fiocco elettrico, che danno le punte presentate alla macchina, all'opposto delle punte presentato alla catena, sulle quali non compare che la stelletta elettrica, basta e per dileguare il sospetto, che pur dalla macchina si espanda il vapore, e per farne divisare la differenza, che v'ha tra l'atmosfera della catena, e l'atmosfera della macchina. — Nell'aria, che attornia la catena si espande il vapore, di che sovrabbonda la catena. Dall'aria, che attornia la macchina, si diffonde parte del naturale di lei vapore, di cui manca la macchina. In quella guisa, che l'aria contigua alla catena resiste a ricevere in sè un vapore eccessivo, e nulladimeno ne è a forza caricata dall'eccesso della catena, così l'aria, che attornia la macchina, resiste a compartire del suo naturale vapore, e non pertanto ne è in parte spogliata dal difetto della macchina. Siccome attraverso a quella scorre e dà segni elettrici il vapore procedente dalla catena ai corpi stranieri, così attraverso a questa scorre e dà gli stessi segni il vapore procedente dai corpi stranieri alla macchina. E finalmente come il vapore accumulato sul vetro e indi nella catena per una parte, e la resistenza

dell'aria a ricevere per l'altra formano, e conservano un'atmosfera di vapore eccessivo intorno alla catena; così la forza, che sottrae il vapore dalla macchina per una parte, e la resistenza dell'aria a spirarlo per l'altra, formano e conservano un'atmosfera di vapore mancante intorno alla macchina » (1).

A dimostrare poscia e rendere sensibili le atmosfere elettriche, il Beccaria ripeteva col fumo di pece, di cera, e specialmente di colofonio (perchè meno molesto) l'esperimento istituito da Franklin col fumo di resina, diligentemente esaminandone il modo di distribuzione all'intorno d'un cubo di ferro elettrizzato. — Isolando poscia, con una lastra di vetro, il cucchiajo contenente il colofonio, osservò che appena da principio alcun filo di fumo si dirigeva al cubo elettrizzato, alzandosi in alto il restante, come se elettrizzato non fosse il corpo, cui si presentava; — che qualunque volta accostava il dito al cucchiajo, una vivissima scintilla da questo scoppiava, e subitamente il fumo raccoglievasi intorno al cubo, a formare la solita atmosfera; — la quale tosto si disperdeva scostando il dito dal cucchiajo; e alternamente si rinnovava e scioglieva, mantenendosi così in uno stato di vibrazione col ripetere velocemente gli accostamenti e i discostamenti del dito. Fatti questi, che, in tutto analoghi a quelli delle attrazioni e ripulsioni dei corpi leggeri, già altrove discussi, mentre convincono della verità delle atmosfere elettriche, ne chiariscono la ragione di loro formazione, e ne mostrano la dipendenza dal generale principio; che i corpi inegualmente elettrici si attraggono (2).

Volle in seguito riconoscere, se le variazioni di grandezza nella superficie dei corpi elettrizzati inducessero pure una qualche varietà nell'estensione delle atmosfere, che intorno ai medesimi si formavano: ed ebbe per risultato delle sue esperienze, che superficie uguali si circondano di atmosfere uguali e danno segni uguali, e

(1) *Elettric. artif. e natur.* cap. III, pag. 71.

2) Id. cap. III, pag. 72 e seg.

superficie maggiori hanno atmosfere più estese, e danno segni maggiori: e più generalmente gli parve di poter conchiudere « che la intensità dei segni elettrici è proporzionale, secondo alcuna diretta ragione, non solo alla superficie dei corpi, che li danno, ma eziandio di quelli che li ricevono; e che perciò la quantità e la forza, con cui si propaga l'elettrico vapore da un corpo ad un altro, è proporzionale alla differenza del loro stato elettrico, ed in alcuna diretta ragione alla loro superficie » (1).

IX.

Tutti i fenomeni relativi all'elettrizzamento dei corpi conduttori, dei quali siamo venuti finora discorrendo, si accordano col principio generale posto dal Beccaria a fondamento dell'ipotesi frankliniana. — Ancor essi i fenomeni delle cariche e delle scariche de' vetri, e più generalmente le variazioni dello stato elettrico nei corpi coibenti, ossia elettrici per origine, si possono tutti subordinare allo stesso principio: il quale per ciò riceve una nuova conferma, col moltiplicarsi dei fenomeni, ch'esso vale a spiegare.

In questa parte il Beccaria, se poco aggiunge di nuovo a quanto già ritrovarono i fisici, che lo precedettero, tuttavia raccogliendo ed ordinando le sperienze dei medesimi, e quelle segnatamente di Franklin, a tutte aggiunge chiarezza e dà quella connessione ed unità, che la scienza richiede. Giacchè a chiunque si faccia ad esaminare le lettere del fisico americano sull'elettricità di leggieri apparisce, che esse non seguono punto i precetti di un'esposizione dottrinale, ma sono poco più che un semplice ragguaglio di sperienze slegate, il nesso delle quali difficilmente si coglie ad una prima lettura.

Il Beccaria stabilisce innanzi tutto le differenze, che esistono fra i corpi elettrici per comunicazione e gli elettrici per origine, differenze,

(1) *Elettric. artif. e natur.* cap. III, pag. 76 e seg.

che si riducono alle seguenti: che questi avvicinati ad un corpo elettrizzato non ricevono, nè danno, come quelli, la scintilla, il fiocco e la stelletta; — che l'elettrico vapore non ne attraversa la sostanza, siccome avviene nei conduttori; che neppure la elettricità si diffonde su tutta la loro superficie, ma si trattiene nei soli punti strofinati; — che per ciò toccati, da un conduttore, cedono la sola elettricità dei punti di contatto (1).

A queste aggiunge la capitale differenza, che non può avvenire la elettrizzazione di una delle due superficie di un vetro, o per eccesso o per difetto, senza che l'altra superficie a sua volta si elettrizzi, ed in opposta maniera.

Dal quale principio, come già Franklin, egli deduce la ragione dei fenomeni svariati dello sperimento di Leida. — Egli ricerca dapprima quali siano le condizioni essenziali, e quali le puramente accidentali per la carica, e per la scarica di quest'apparato. Ne istituisce quindi l'analisi fisica, studiando le varie apparenze del fiocco e della stelletta sulle due armature: ed ordinatamente ripetendo le sperienze di Franklin deduce, che gli effetti della boccia di Leida sono prodotti dal vapore elettrico, che in gran copia, e con somma velocità, dalla superficie del vetro, su cui è condensato, si scarica sulla opposta superficie, attraverso il circuito dei corpi conduttori, che stabiliscono la comunicazione fra di esse. — La quale conclusione conferma il generale principio, che il vapore elettrico, di là dove è in eccesso, si spande ove trovasi in difetto, con intensità di fenomeni proporzionale alla differenza dei due stati elettrici. — A dare poi una convincente dimostrazione, che i corpi coibenti, caricati, non hanno maggior quantità di fluido elettrico della loro dose naturale, e che tanto si spoglia del suo una superficie, quanto se ne accumula sull'altra, egli primo immagina la curiosa e bella esperienza di caricare la boccia di Leida con l'istesso suo fluido. Per ciò siano la macchina e la catena entrambe

(1) *Elettric. artif. e natur.* cap. IV, pag. 80 e seg.

isolate: e una boccia sia per l'uncino attaccata alla catena. Si diano alcuni giri di ruota: la macchina, e l'uomo, pur esso isolato, che ne strofina il vetro, perderanno parte del loro fluido: allora un'altra persona, comunicante col suolo, tocchi la catena, e così la spogli di tutto il fluido. Stando così le cose, non può dal suolo accorrere il fuoco elettrico, per supplire al difetto della macchina: perciò con una verga metallica si fa comunicare l'uomo isolato con l'armatura esterna della boccia; e allora, ponendo in moto la macchina, la dose naturale di fuoco dell'armatura esterna della boccia passa dall'uomo isolato nel vetro, ch'esso strofina, e da questo nel conduttore, e quindi nell'armatura interna della boccia, la quale per ciò si carica col proprio fuoco (1).

La teoria della boccia di Leida fa viemmeglio conoscere al Beccaria, che la elettricità non scorre liberamente per entro alla sostanza del vetro — che le armature della boccia rendono più copiosa e più celere l'accumulazione del fluido elettrico sulle faccie del vetro, e ne aiutano la scarica totale — finalmente che il vetro è per sè ricchissimo di elettricità: onde sospetta, che di qui derivi la sua impermeabilità per altro fluido straniero, e la sua attitudine all'uffizio di isolatore. Se ciò fosse, egli aggiunge, non solo gli elettrici segni, ma anche le differenti nature dei corpi, per rispetto all'elettricismo, si ridurrebbono allo stesso principio: che come la differenza della quantità di vapore, che può coll'arte prodursi nei corpi, è la cagione dei segni elettrici, così la differenza della quantità di vapore, che a diversi corpi, per la diversa loro natura, appartiene, basterebbe a differenziare i corpi medesimi, e a far sì che altri per origine fossero elettrici, altri per comunicazione; il che sarebbe assai conforme al genio della natura, che quanto è magnifica e splendida nella varietà dei fenomeni, altrettanto è semplice ed uniforme nella unità dei principi (2).

(1) *Elettric. artif. e natur.* cap. IV, pag. 83 e seg.

(2) *Id. id.* pag. 90 e seg.

Franklin pose in evidenza il contrario elettrizzamento delle superficie del vetro, applicando la forza delle due opposte elettricità al movimento d'una specie di ruota. — Dallo stesso principio il Beccaria fa dipendere la ragione di altri fenomeni in apparenza paradossali: siccome l'eccitarsi di movimenti in corpicciuoli, posti in un vetro voto d'aria, allorchè con la mano si tocca la esterna parete di questo; e lo sprigionarsi di luce, simile al lampo, dall'interna capacità del vetro medesimo, allora quando lo s'immerge soltanto nell'atmosfera elettrica del conduttore della macchina, e il continuarsi tuttavia per alcun tempo di questi fenomeni, dopo il discostamento del vetro ⁽¹⁾.

Dimostra da ultimo il Beccaria, come a'piacimento si possa l'una, o l'altra delle due opposte superficie del vetro, elettrizzare per eccesso ovvero per difetto: presentando cioè l'uncino della boccia di Leida al conduttore della macchina elettrica, oppure alla macchina stessa. Il quale metodo, diverso da quelli proposti da Franklin, gli viene suggerito dal contrario elettrizzamento di questa e di quello; e gli è poscia confermato dall'apparizione del fiocco o della stelletta sull'uncino dell'armatura interna, secondo che questa si fa comunicare col conduttore, dal quale riceve un eccesso di fluido, ovvero con la macchina, da cui le vien tolta una parte del fluido naturale.

Da questi sperimenti infine egli deduce il nuovo fatto, che la carica d'una boccia di Leida si fa più gagliarda, se le due armature di essa simultaneamente son poste, l'una in comunicazione con la macchina, e l'altra col conduttore della medesima ⁽²⁾.

X.

Lo studio dell'elettricismo per rispetto al vetro conduce il Beccaria ad osservazioni più generali intorno alle modificazioni, di cui il vapore elettrico è cagione nei fluidi che attraversa.

(1) *Elettric. artif. e natur.* cap. IV, pag. 102 e 103.

(2) *Id. id.* pag. 104 e seg.

La questione della conduttricità de' corpi pel fluido elettrico, iniziata da Gilberì e dagli accademici del Cimento, e studiata principalmente da Grey e da Franklin, è una delle più importanti per la scienza, ma è pure assai complessa e difficile. Non si possono infatti stabilire dei caratteri generali di distinzione fra i corpi conduttori e i coibenti: avendo i recenti lavori di Harris, di Becquerel, di Faraday, di Belli, di Matteucci, di Riess e di molti altri fisici, dimostrato, che questo stato dei corpi non è già assoluto, sibbene relativo e subordinato alla specie di elettricità, e alla chimica composizione, alla fisica struttura, allo stato igrometrico, alla temperatura dei corpi, e forse ad altre condizioni tuttavia ignote.

Le osservazioni intorno al vario grado di conduttricità de' corpi pel fluido elettrico furono insino a Franklin poco numerose, ed eziandio troppo generiche, indirizzate cioè solamente ad una classificazione sperimentale dei corpi rispetto a questa proprietà. — Il Beccaria, e poscia l'inglese Canton, ne intrapresero uno studio più accurato, questi sull'aria, e quegli sull'aria e sull'acqua: cercando di determinare il vario grado di coibenza della prima e di conduttricità della seconda.

Tutti gli elettricisti anteriori al Beccaria, a cominciare da Desaguliers, avevano riconosciuto il potere, che ha l'aria di resistere al fluido elettrico. Niuno tra essi tuttavia cercò di misurarne il grado di resistenza; e a nessuno cadde in pensiero di ricercare le modificazioni, che l'aria subisce, quand'è traversata dal fluido elettrico: ciò si propose il Beccaria. — Egli dimostra dapprima che la resistenza dell'aria al vapore elettrico è non solo manifestata dall'attitudine dell'aria stessa ad isolare i corpi elettrizzati, ma è puranche rivelata dai fenomeni di diffusione della luce elettrica nell'aria rarefatta, e dagli effetti acustici ordinari del fiocco, della stelletta e della scintilla, i quali tanto più sono vivi, quanto maggiore è la copia dell'elettrico vapore: perocchè eccita questo nelle parti dell'aria, per cui attraversa, tanto più forti vibrazioni, quanto maggiore è la densità del mezzo, e quanto maggiore

eziandio è la densità sua propria. Dal che argomenta che l'aria, per legge naturale reagendo, operi a sua volta sul vapore medesimo in proporzione della densità sua e della quantità di lui (1).

Dimostra in seguito che il vapore elettrico, attraversando l'aria, la dilata. Nelle quali investigazioni egli precedo gli elettricisti contemporanei, e primo eziandio immagina quel termometro elettrico ad aria, che oggi suolsi, anche da scrittori italiani, denominare di Kinnersley.

Leggasi infatti quanto scrive il Beccaria nel cap. V della sua opera, pag. 109:

« A riconoscono qualo specie di cambiamento produca nell'aria il vapore elettrico, mentre la sforza e l'attraversa, ho scelto un cannello di vetro alto sei pollici, d'un terzo di linea di diametro nella interiore sua capacità, e in uno degli orifici di lui ho inserito e sigillato alla lampana un filo di ferro, sicchè un pollice di questo filo restava dentro al cannello, ed il restante esciva fuori dell'orificio sigillato. Scaldatolo poi alquanto, ho rarefatta l'aria in esso rinchiusa, ondo tuffatono l'orificio aperto in un bicchiere di vino, se n'è empito fino alla altezza di quattro pollici e mezzo. Indi ho messo per entro all'orificio aperto un simil filo di ferro, sicchè andava ad incontrare l'altro filo, ma no restava distante una linea in circa. Ho poi immerso l'orificio aperto di questo cannello in un piccolo vasellino, pieno similmente di vino; ed ho fatto che il filo di ferro, adattato per di sotto entro al cannello, si ripiegasse fuori di questo sull'orto del vasellino, e indi si abbassasse di nuovo; sicchè avendo posato il vasellino, con entrovi il cannello, sul quadro di Franklin, l'estremità del suddetto filo ne toccava la superficie. Dunque io caricava questo quadro, poi lo scaricava applicando un'estremità dell'arco conduttore alla superficie inferiore del quadro, e avvicinandone rapidamente l'altra estremità al filo di ferro, che esciva fuori della cima del cannello ermeticamente chiusa »

(1) *Elettric. artif. e natur.* cap. V, pag. 107 e 108.

« Ed ecco i fenomeni che ne risultavano. Il vapore accumulato sulla superficie del quadro, pel filo contiguo, saliva sull'orlo del vasellino, e, seguendo la direzione di lui, discendeva entro al vasellino, e saliva su pel cannello. Giunto all'estremità di questo filo nel saltare, attraverso dell'aria all'altro filo, per indi scaricarsi nell'arco conduttore e nell'opposta superficie del quadro, formava una scintilla assai viva. *E questa vibrando l'aria rinchiusa in quella parte del cannello, sensibilmente la dilatava; tanto che ad ogni scintilla si abbassava la superficie del piccolo cilindretto di vino contenuto nella parte più bassa del cannello, e dopo tre scintille per lo più l'abbassamento del vino era maggiore d'una linea* ».

« Per determinare accuratamente questo abbassamento, avanti di fare l'esperienza, io legava con un sottilissimo filo di seta il cannello a livello della superficie del vino. Nulla di meno non credo io già, che la quantità dell'abbassamento misuri esattamente l'azione, che fa sull'aria il vapore elettrico. Ma basta per ora di averne fissata di questa azione la qualità, ed alcuna assai prossima proporzione. Sto ben tentando alcune sperienze, che mi fanno sperare di poter col tempo determinare più esattamente la quantità de' fenomeni elettrici: ma chi sa la difficoltà di misurare altri, anche più semplici, fenomeni, e che da secoli sono notissimi, sarà persuaso della difficoltà di misurare gli elettrici, i quali, oltrecchè appena in quest'età si cominciano a conoscere, certamente sono oltremodo composti, e soffrono velocissimi e massimi cambiamenti ».

Ora si consulti la descrizione data da Kinnersley del suo termometro ad aria, e delle sperienze con esso istituite (1). I risultati di queste sono gli stessi, che quelli ottenuti dal Beccaria; come identico ne è pure l'apparato, reso solamente più comodo ed acconcio alle sperienze, per la migliore disposizione data alle parti, che lo compongono.

(1) V. Opere di Franklin. Lettera II di Kinnersley a Franklin, 12 marzo 1764, pag. 205 e seg.

V. ancora Periodo terzo, sezione prima di quest'opera, pag. 154 e 155.

Le quali modificazioni si presentavano pure alla mente del Beccaria, che, inconscio dei lavori di Kinnersley, nel libro intitolato « *Esperienze ed osservazioni* » diretto al Duca di York e stampato nel 1764, diceva il suo apparato per la dilatazione dell'aria composto di due verghette d'ottone, addentrantisi in una boccetta di vetro, sollevantesi l'una dal fondo del vaso, sovrastante l'altra alla prima, così da esserne soltanto separata da breve intervallo, e finiente esternamente in una sfera: e di un piccolo sifone unito al collo della boccetta, contenente poco vino, il quale si abbassa nel ramo annesso alla boccetta e s'innalza nell'altro, ogni volta che la scintilla, sbalzando per l'intervallo delle due verghette, dilata l'aria del recipiente (1).

Or bene: il Beccaria fece di pubblica ragione i risultati delle sue ricerche nove anni prima di Kinnersley. — Nè d'altronde è probabile che quest'ultimo non avesse conoscenza delle opere del Beccaria, dappoichè nella stessa lettera, in cui descrive a Franklin il suo termometro, mostra di conoscere le sperienze degli elettricisti d'Europa, e tra le altre quelle del Nollet. Se inoltre si osserva che Franklin, amico suo, e col quale egli manteneva una frequente corrispondenza epistolare di cose elettriche, già dal dicembre del 1755 conosceva l'opera del Beccaria, ed esprimeva sul merito di essa un favorevolissimo giudizio; — se si considera infine che Franklin, nel rispondere a Kinnersley,

(1) Ecco quanto il Beccaria scrive in proposito del termometro elettrico nella sua opera « *Dell'elettricismo artificiale* » a pag. 229.

« Solamente nel 1770 io ho veduto nelle opere del signor Franklin, che il signor Kinnersley aveva scritto da Filadelfia d'un simile ordigno, che chiama il termometro aereo-elettrico; la lettera del signor Kinnersley è del 1761, cioè di nove anni posteriore alle prime sperienze, con che io aveva operato più in piccolo ne' cannelli di vetro. Anche avanti che io avessi notizia di tale ordigno, io aveva scritto alla *Società Reale di Londra* la sperienza di sollevare colla scintilla la colonna mercuriale d'un barometro. Il tubo barometrico si divide alla sua base in due rami corti ed obbliqui. Le boccucce di questi rami siano chiuse o sigillate contro a due fili di ferro, che discendono in essi sino quasi ad incontrarsi nel punto di congiunzione dei due rami. Si faccia per essi traversare la scarica di una batteria: la scintilla abbassa la faccia del cilindro mercuriale di una o due linee, e di altrettanto ne innalza la faccia superiore.

in proposito delle ricerche da questo intraprese, gli accenna una bella esperienza, immaginata dal Beccaria per dimostrare, l'elettrizzazione dell'aria (1): più non si può ragionevolmente supporre che, appassionato qual era delle sperienze elettriche, Kinnersley ignorasse i lavori, che già avevano levato il fisico italiano in estimazione presso i dotti d'Europa. — Non vogliamo dire con ciò, che fosse nell'animo di Kinnersley l'ignobile intendimento di arricchirsi delle spoglie altrui: chè nulla di ciò risulta per fermo dalle sue lettere a Franklin. Noi vogliamo soltanto conchiudere, che del merito principale delle sperienze sulla dilatazione dell'aria, prodotta dalla scarica elettrica, non debbesi defraudare chi primo le eseguiva: e che il termometro elettrico ha da essere, dagli italiani almeno, denominato dal Beccaria, tuttochè egli non abbia con tal nome distinto il suo apparato (2).

(1) V. Opere di Franklin. Lettera a Kinnersley il 20 febbrajo 1762, pag. 224.

(2) Il termometro aereo-elettrico fu ridotto in questi ultimi tempi da Harris e da Riess in un *voltmetro calorifico*, ossia in apparecchio destinato a misurare l'intensità della corrente della pila, per mezzo degli effetti calorifici da essa prodotti. In questo voltmetro un filo metallico, per lo più di platino, traversa una grossa bolla d'un termoscopio ad aria, e pe'suoi due capi liberi si mette in comunicazione coi reofori d'una pila, ovvero si trasmette per essi la scarica di una batteria di Leida. Deve il filo essere ermeticamente sigillato contro le pareti del vetro, nei due punti in cui lo traversa. Percorso dal fluido elettrico il filo si riscalda, e dilata l'aria chiusa entro la bolla: onde il liquido termoscopico tosto si muove.

Perchè le indicazioni di questo istrumento siano tra loro comparabili, si richiede grande esattezza nella costruzione del medesimo. Questo ebbe di mira il fisico Riess ne' miglioramenti da esso introdotti nel termometro elettrico. — Ei lo formò con un tubo di vetro lungo 45 centimetri, e incurvato ad angolo retto ai suoi due capi: un de' quali è terminato da un globo di vetro di 9 $\frac{1}{2}$ centimetri di diametro, e l'altro da un vaso cilindrico di 7 centimetri, sopra 1 $\frac{1}{2}$ di diametro. Il tubo graduato è fisso ad una tavoletta di legno mobile a cerniera, sicchè può darsi al tubo qualsivoglia inclinazione sull'orizzonte, misurata da un arco parimenti graduato. — Il globo del termometro presenta tre aperture: una delle quali, chiusa da un tappo metallico, serve per introdurre nel tubo la colonna di liquido, con la quale vuolsi sperimentare. Le altre due aperture, diametralmente opposte, sono munite di ghiere metalliche assicurate con mastico, e chiuse da coperchi a vite. Per queste ghiere si addentrano due cilindri, di 7 centimetri di lunghezza sopra 5 di diametro, terminati esternamente da madreviti, ed internamente da un cono fissato col mezzo d'una vite. La base di ciascuno dei

Quasi al tempo stesso del fisico Mondovita sperimentava sull'aria l'illustre fisico inglese Canton. Il quale primo dimostrava l'attitudine di essa ad elettrizzarsi per comunicazione, ed a conservare poscia la ricevuta elettricità: ed a misurare la carica immaginava di aggiungere a capo del filo doppiato, col quale Dufay esplorava lo stato elettrico de' corpi, due sfericcinole di sovero.

Egli infatti, in una memoria presentata alla Società Reale di Londra il 6 dicembre 1753, osserva che l'aria può elettrizzarsi, e conservarsi quindi per qualche tempo elettrizzata: e riferisce in proposito le seguenti esperienze. Seccata l'aria d'una camera per mezzo di un fuoco vivo e continuo, egli elettrizzò fortemente un tubo di latta, ad una cui estremità aveva sospese le due sfere di sovero. Toccato poscia il tubo con la mano, od altro corpo conduttore, vide che le sfericciuole continuavano tuttavia a respingersi, attingendo la elettricità, ond'erano investite, dall'aria contigua al tubo. Osservò inoltre che il grado di loro ripulsione scemava, accostandole al pavimento, od a mobili; e che venivano a mutuo contatto, se ponevansi a poca distanza da un conduttore. Notò infine che, a tempo secco, per più di un'ora mantenevasi lo stato elettrico dell'aria ⁽²⁾.

Ad elettrizzare poscia negativamente l'aria Canton isolò, per mezzo d'un filo di seta teso fra due sedie, un tubo di latta, ad un capo del quale stava infisso un sottilissimo ago. Strofinò quindi un tubo di vetro spulito (lo sperimento riusciva pure col solfo e colla ceralacca) collocato presso l'estremità del tubo metallico, opposta a quella

due coni è fissa; ed è in queste fenditure, che si introduce per le sue due estremità il filo di platino, di cui vuolsi determinare il riscaldamento. Un'asta di metallo, che agevolmente traversa il globo, serve ad introdurre il filo di platino, ch'essa trascina con sè. Levatala quindi, si tende il filo con le madreveli. Grossi fili di ottone mettono nel circuito della batteria le ghiere e il filo di platino: questo riscaldandosi, per la scarica, dilata l'aria del globo, e spinge il liquido dal tubo nel serbatoio. — L'istrumento è tanto più sensibile, quanto più, a condizioni uguali, è grande la inclinazione all'orizzonte.

V. De la Rive, *Traité de l'électricité*, tom. II, pag. 153 e seg.

(1) *Phil. trans.* 1753, vol. XLIX, parte I, pag. 300

portante l'ago: ed ebbe segni permanenti di elettricità negativa nell'aria ⁽¹⁾.

XI.

Non men belle, che le precedenti, sono le esperienze istituite dal Beccaria per determinare il grado di conduttricità dell'acqua: delle quali rende conto nel capo VI della sua opera.

Interrompendo la catena elettrica, e congiungendo le parti divise con una verghetta di vetro, prima inumidita e poscia bagnata, e successivamente coperta d'una foglia d'oro o d'argento, ed eziandio d'una semplice listerella metallica, unita per i due capi alle parti interrotte della catena, dimostra il Beccaria, che attraverso a strati sottili d'acqua passa una minor quantità di fluido elettrico, che non attraverso a foglie metalliche, sebben ridotte a minima superficie ⁽²⁾.

Versando un sottile strato d'acqua sur una lastra di vetro, deposta sul quadro magico, e parimenti collocando su questo prima un vasellino pieno d'acqua, e poscia un altro di maggiore capacità, e stabilendo, ne' diversi casi, le necessarie comunicazioni, per ottenere la scarica, chiarisce viemmeglio la imperfetta conduttricità dell'acqua: essendochè la scarica elettrica riesce assai più debole, che nei fili metallici; abbenchè s'aumenti d'intensità col crescere della superficie dell'acqua ⁽³⁾. — I quali risultati concordano con quelli ottenuti, entro a più ristretti confini, con la boccia di Leida da Wilson, e di cui già fu altrove discorso ⁽⁴⁾.

Sperimenta quindi sopra tubi di vetro pieni d'acqua o chiusi con fili d'ottone, i quali stabiliscono la comunicazione con le armature del quadro magico: nè mai gli accade di ottenere la scintilla nell'acqua così chiusa. — Introduce poscia i due fili più addentro nel cannello,

(1) *Phil. trans.* vol. XLVIII, parte seconda, pag. 784.

(2) *Elett. artif. e natur.* cap. VI, pag. 111.

(3) *Id. id.* pag. 112 e seg.

(4) V. Periodo secondo, sezione seconda, pag. 60 e 62.

sicchè i loro capi siano tra loro ad una assai piccola distanza. Scari-
cando allora il quadro pei due fili, vede scoppiare entro l'acqua, che
li divide, una vivissima scintilla: la quale, quasi sempre, rompe i can-
nelli, e ne slancia i frantumi a notevole distanza. — Ricercando la
cagione della rottura del vetro, sperimenta sovra tubi pieni d'aria allo
stato naturale, che trova resistenti all'urto della scintilla; e quindi so-
vra tubi vuoti d'aria, ne' quali, a vece della scintilla, apparisce un
raggio unito e men vivo, che si distende dall'uno all'altro filo. Dal che
egli deduce non dipendere lo spezzamento del vetro da un'azione im-
mediata della scintilla; ma avvenire per la dilatazione, ch'essa pro-
duce nell'acqua, la quale essendo, almeno sensibilmente, incompres-
sibile, trasporta, nella sua interezza ed unità, alle pareti del vetro tutto
lo sforzo di espandimento, che in lei eccita la scintilla, e si ne ca-
giona la rottura (1).

Facendosi poscia ad analizzare più minutamente i curiosi feno-
meni dell'elettricità nell'acqua, dimostra che la scintilla elettrica, nello
attraversarla, produce due effetti distinti: ne dilata cioè l'aria in lei
fissa, e in sottilissime parti la divide e la rigetta. Che la scintilla
dilatì le particelle dell'aria, che son fisse nell'acqua, il Beccaria lo
dimostra empiendo d'acqua un cannello aperto, sul quale, per mezzo
di due fili metallici, disposti come nelle sperienze precedenti, produce
la scarica: in questo caso non succede quasi mai la rottura del tubo,
e bollicine d'aria si veggono nel punto, dove scoccava la scintilla.

Ma a convincersi più direttamente, che queste bollicine sono ec-
citate dalla scintilla, empie d'acqua un piccolo vaso di vetro di due
pollici di diametro; poi adatta al solito, per le necessarie comunica-
zioni; due fili, che ambidue dal di fuori del vasellino, ma da parti
opposte, salgono sull'orlo di esso, quindi si ripiegano, e si vengono
quasi ad incontrare sotto la superficie dell'acqua; e facendo per essi
attraversare la scarica del quadro, osserva costantemente, che la

(1) *Elettr. artif. e natur.* cap. VI, pag. 113 e seg.

scintilla, la quale scoppia nella interruzione dei fili, eccita varie bolicine d'aria, che salgono veloci alla superficie dell'acqua, ed ivi, mescolate coll'aria comune, spariscono.

Del resto, dice egli, o che il vapore elettrico operi a dirittura sull'acqua, o che operi su essa con dilatare l'aria in lei sparsa, egli è certissimo, che può con la sua forza dividerla in minutissime insensibili particelle. A provarlo egli soffia alla lampana una sfericciuola di vetro assai sottile e trasparente, d'un pollice di diametro in circa, lasciandovi una apertura di poche linee, per la quale, come nella succitata esperienza, introduce due fili, che vadano quasi ad incontrarsi verso il centro della piccola sfera; e nell'intervallo dei due fili, con la punta d'uno spillo, sospende una gocciola d'acqua. Questa, attraversata dalla scintilla, tutta si disperde intorno alla superficie interiore del vetro in minutissimi ed invisibili spruzzi (1).

Pensa il Beccaria, che queste violente mutazioni, che produce la scintilla in una particella d'acqua, siano come una visibile rappresentanza della maniera, con che più blandamente l'elettricismo ordinario agevola ed aumenta la insensibile evaporazione dell'acqua.

Dal fatto che la scintilla s'ammorza, per così dire, attraverso a poca acqua, e più viva resta e più efficace a proporzione, che una più ampia quantità ne tragetta, egli ricava la spiegazione di alcuni fenomeni, più volte osservati dagli sperimentatori: quali sono l'accumularsi dell'elettricità sulla macchina, quantunque umidi ne siano i vetri; — l'ottenersi dei segni elettrici assai forti sulla sbarra di Franklin, tuttochè le resine, ond'è sostenuta, siano talvolta assai umide; — il non trasmettersi della scossa elettrica attraverso una corda bagnata, un ramoscello verde, un ghiacciuolo; — il resistere d'un sorcio alla scarica, se bagnato: e l'esserne scosso così da morirne talvolta, se asciutto (2).

(1) *Elettr. artif. e natur.* cap. VI, pag. 116.

(2) *Id. id.* pag. 117 e seg.

Da quel fatto crede pure dipenda la riuscita dello sperimento eseguito da Franklin, di accendere spiriti da due rive di un fiume nel medesimo tempo, inviando da una riva all'altra una scintilla, senza altro conduttore che l'acqua: esperienza la quale essenzialmente non differisce da quella prima di lui eseguita da Lemonnier a Parigi⁽¹⁾.

Di qui si fa il Beccaria a ricercare la cagione per cui la scintilla, « la quale perisce attraverso a' sottili strati d'acqua, vivissima attraversi l'ampia superficie d'un lago e d'un fiume ». E dalle circostanze del fatto deduce la seguente congettura: « che il vapore denso d'una scintilla, spinto attraverso a poc'acqua, fa azione assai violenta sulle parti di lei. Infatti la scintilla, attraversando poc'acqua, la fa lucere e cigolare: il che non fa attraversandone una quantità maggiore. In questa violenta azione si consuma e si spegne la vivezza di lei; che per l'opposto se in un'ampia superficie si espanda, fa su essa azione minore a proporzione, che a maggiore rarità vi si dilata; onde meno di forza ella perde e di attività ».

Ma nonostante le molte indagini su questo fatto, e sull'evaporazione promossa dall'elettricità, e in generale sulla natura dell'acqua per rispetto all'elettricismo universale, confessa il Beccaria di avere ricavato questa sola notizia, che l'acqua evaporata si può ancor essa, come i corpi elettrizzabili per comunicazione, e per eccesso e per difetto elettrizzare. Il che egli dimostra con la seguente esperienza. Una persona isolata stropicci colla mano destra la macchina, anch'essa isolata: e un'altra persona isolata tenga la mano sinistra alla catena, poco lungi dalla macchina. Regga ciascuna delle due persone con l'altra mano un focone, sul quale sia posta un'eolipila, il cui getto di vapore sia orizzontale. Si vedranno i due zampilli di vapore, a poca distanza dagli orifizi, onde scaturiscono, piegarsi l'uno verso l'altro e mescolarsi insieme. Discostate fra loro le due eolipile, e presentato ad una di esse un corpo straniero, il getto di vapore si piega verso di essa. —

(1) V. Periodo secondo, Sezione seconda, pag. 62 e 63.

I quali movimenti, in tutto subordinati alla legge generale dei movimenti elettrici, attestano l'elettrizzazione in più ed in meno dei due getti di vapore (1).

XII.

La elettricità, che accelera e promuove la evaporazione dell'acqua, concorre eziandio, per naturale conseguenza, ad accrescere la evaporazione dei sughi delle piante e la traspirazione degli animali; siccome già fu dimostrato dalle molte e curiose esperienze del Nollet, altrove da noi ricordate (2). — Ma per la legge di correlazione, stabilita da Hales, e confermata dalla moderna fisiologia, tra le due funzioni della traspirazione e della nutrizione, debbe eziandio avvenire che una pianta elettrizzata, mentre disperde maggior copia di umido, assorbsca eziandio altrettanto maggior copia di umori, e vegeti quindi più presto di altra pianta non elettrizzata, ma posta in uguali condizioni. Del che stanno a prova gli sperimenti istituiti da Mambrey, da Ménon, da Nollet, da Boze e da Jallabert, da noi pure già ricordati (3).

Esaminando il modo particolare di azione del fluido elettrico sugli esseri organici, il Beccaria primieramente stabilisce, che il vapore elettrico penetra ne' fluidi dei corpi viventi: penetrazione che gli è provata dalla traspirazione accresciuta, e dal sangue spicciante dalla vena aperta ad un uomo elettrizzato, che è un vero zampillo elettrico e ne ha tutte le proprietà. — Dimostra quindi che esso opera sui fluidi organici, dilatandoli e rarefacendoli, come appunto avviene per l'acqua. Infatti aprendo il corpo d'un uccello, fulminato dalla scarica, si scorge un travasamento di sangue nei punti, che furono dalla scintilla attraversati.

(1) *Elett. artif. e natur.* cap. VI, pag. 120 e seg.

(2) V. Periodo secondo, sezione terza, pag. 81, 82, e 93, 94.

(3) *Elett. artif. e natur.* cap. VII, pag. 124 e seg.

Giudica inoltre il Beccaria che « il vapore elettrico penetri per le parti nervose e muscolari, e che in esse operi dilatandole ed accorciandole »: siccome già ebbe a dimostrare Jallabert, le cui sperienze egli ripete e modifica, ottenendone gli stessi risultati. — L'intensità poi di quest'azione dipende dalla densità e quantità dell'elettrico vapore; il che di leggieri si argomenta dalla diversa efficacia dell'elettrizzazione semplice, delle scintille, e della scarica di una o più boccie di Leida: e dipende ancora dalle dimensioni delle parti attraversate dal fluido; essendo più viva la puntura d'una scintilla, quando si trae con la punta del dito, che non quando tocasi il corpo elettrizzato con due, tre dita, o con la palma della mano: oltrechè mostra l'esperienza, che una scossa poco molesta ad un uomo è atta ad uccidere un più piccolo animale (1).

Quindi il Beccaria dice la scossa « un'istantanea e violenta dilatazione de' muscoli e de' fluidi ». — Questa poi, temperata nella quantità e nel movimento, egli crede possa giovare all'economia animale. Senza arrestarsi alle ragioni, — tra le quali queste, che il vapore elettrico possa, vibrando i muscoli e operando comunque sui nervi, rendere loro il tuono; e che possa, rarefacendo i liquidi organici, agevolarne il movimento; — egli si attiene ai fatti: ed accennando alle guarigioni operate da Jallabert e da altri, imita la prudenza, di cui in tali ricerche diede saggio il Nollet, e non emette un giudizio assoluto sulla terapia elettrica; ma la dichiara meritevole d'un accurato esame da istituirsi con replicati esperimenti (2).

Da ultimo, quasi a confermare il fatto della straordinaria potenza del fluido elettrico, riproduce le sperienze eseguite da Franklin su foglie metalliche, interposte a lamine di vetro, e volatilizzate dalla scarica; e sopra fogli di carta parimenti chiusi fra lastre di vetro, cui la scintilla riesce a bucare, rompendo, bene spesso, anche le lastre medesime (3).

(1) *Elettr. artif. e natur.* cap. VII, pag. 127 e seg.

(2) *Id. id.* pag. 130 e seg. (3) *Id. id.* pag. 133 e seg.

Ma che cos'è infine quest' elettrico vapore, la cui azione si estende a tutta la materia ponderabile? Quale relazione ha desso con gli altri due fluidi imponderabili, luce e fuoco, di cui veste le sembianze?

Accennammo già i risultati delle ricerche istituite in proposito dal Nollet, dal Muschembroeck e dal Jallabert (1). Vediamo ora quale sia stato il primo giudizio del Beccaria intorno le analogie e le differenze tra la materia elettrica, la luce ed il fuoco comune.

Egli trova la luce de' corpi elettrizzati identica a quella del fuoco e del sole: perocchè la medesima, condotta attraverso ad un prisma, si rifrange ancor essa, e dà lo spettro newtoniano; e diretta sovra una lente, si raccoglie e si disperde, secondo le ordinarie leggi della rifrazione. — Non gli pare tuttavia che ciò basti a stabilire la identità di natura tra il fuoco comune ed il fluido elettrico: poichè, sebbene la parte lucida di questo, al pari della luce ordinaria, passi attraverso i vetri, la parte attiva di esso trova poi in questi un'altrettanto maggiore resistenza.

Similmente il fuoco comune differisce dalla scintilla per ciò, che questa non cagiona una elevazione di temperatura sensibile ai termometri; e per ciò ancora ne differisce, che il fuoco nel vuoto prontamente si spegne, laddove il fluido elettrico più ampiamente vi spiega la sua luce.

Il calore poi all'elettrico si assomiglia quanto a sciogliere, infiammare, dilatare l'aria e l'acqua; — quanto ad agevolare la evaporazione, la nutrizione, e la vegetazione delle piante; — e quanto al diffondersi ad uguaglianza dai corpi, che ne sovrabbondano, a quelli che ne mancano. — Ma si differenziano poi l'uno dall'altro per riguardo al modo, nel quale essi producono gli accennati effetti. Così, ad es., dalla proprietà, ad entrambi comune, di espandersi ad uguaglianza, anzi che

(1) V. Periodo secondo, sezione quarta, pag. 100 a 105, pag. 119.

la identità loro, se ne può argomentare la differenza: perciocchè vediamo che l'elettrico fluido trova somma facilità ad espandersi per la fiamma, siccome da molte esperienze è dimostrato; mentre dovrebbe scostarsene, se la fiamma altro pure non fosse, che materia identica all'elettrico vapore.

In conclusione: nulla, come già nelle ricerche anteriori alle sue, gli risulta di positivo intorno alla natura di questo fluido. Laonde « per dirne alcuna cosa, non pensa che per ora sia d'uopo dire, che egli è in tutto lo stesso, che il fuoco comune ».

Per altro a chi gli domandi che cosa sia al postutto questo vapore, risponde che è « un fluido in ogni terrestre corpo, e probabilmente ne' corpi tutti di tutto l'universo ampissimamente diffuso in diversa misura e quantità confacente alla diversa natura di ciascun corpo; sicchè la quantità, diffusa in ciascuno, si equilibri con la quantità diffusa in ciascun altro. — Che l'arte può torre quest'equilibrio, togliendone una parte spettante ad un corpo, ed accumulandola in un altro corpo; — e che allora si manifesta l'elettrico vapore, sia scorrendo dai corpi circonvicini nel corpo, che ne ha meno, e scorrendo dal corpo, che ne sovrabbonda, nei corpi circonvicini; sia avvicinando scambievolmente i corpi, che, a cagione della suddetta alterazione dell'equilibrio, sieno divenuti inegualmente elettrici, ed avvicinandoli con forza proporzionale a questa disuguaglianza » (1).

XIV.

Quanto siam venuti finora esponendo, è un riassunto ordinato e fedele dell'analisi istituita dal Beccaria intorno all'elettricismo artificiale: analisi da niuno tra i molti, che prima di lui scrissero di siffatte cose, condotta con diligenza ed accuratezza pari alla sua. — Invero e il modo di circolazione del fluido elettrico nei corpi, e gli

(1) *Elettr. artif. e natur.* capo VIII, pag. 137 e seg.

iudizi del loro elettrizzamento per eccesso e per difetto, e le cariche dei vetri, e la varia facilità di propagazione del fluido nell'aria, nell'acqua, ne' metalli, e negli esseri organici, e i fenomeni molteplici, di cui è in essi cagione, vi sono esposti con tale chiarezza ed ordine logico, che, anche non ammettendo la ipotesi di Franklin e i principi da essa dedotti, non scema tuttavia gran fatto il pregio dell'opera: chè i dati sperimentali rimangono gli stessi, e inalterato e costante, tuttavia si mantiene e il collegamento loro, e la loro riduzione all'unità di principio.

Ma l'analisi del vapore elettrico, fatta dal Beccaria, acquista viepiù di splendore, ed aggiunge un nuovo grado di perfezione, estendendosi ai fenomeni dell'elettricismo naturale, che si venivano a quel tempo investigando: tra i quali comprende non solo gli effetti svariatissimi del fulmine, ma eziandio i fuochi di Sant'Elmo, e le trombe di mare e le aurore boreali.

Questa parte nuovissima della scienza elettrica forma la sostanza del secondo libro dell'opera del Beccaria, che noi ci proponiamo ora di brevemente riassumere.

Avuta notizia sul fine di giugno del 1752 della speranza ideata da Franklin, ed eseguita da Dalibard, si applicò tosto il Beccaria ad effettuarla anch'esso in Torino. E già il 2 luglio la sbarra metallica era drizzata sul tetto della sua casa ⁽¹⁾: e in quel giorno e nei

(2) Ecco il modo da lui tenuto per la collocazione della sbarra. Fece empire di mastice all'altezza di sei pollici una cassa triangolare, e la fece sospendere sotto il tetto, in contatto delle tegole. Tolte poscia alcune di queste, fece collocare sul mastice della cassa un trepiede, che reggeva una spranga di ferro alta 12 piedi sovra il tetto. — Al basso della spranga era conficcata una spranghetta orizzontale; all'estremità della quale appiccò una catena, che discendeva in una larga camera, e sosteneva una sfera di metallo, del diametro di due pollici e distante due piedi da un tavolato. Su questo conficcò due stili, un de' quali portava all'estremità un campanello distante tre pollici dalla sfera, e il secondo, più alto, sosteneva, mercè un filo di seta, una sfericciuola di metallo, interposta alla grossa sfera e al campanello. Finalmente in giro della spranga, e al disopra del tetto, adattò una specie di ombrella, che riparasse il mastice dalla pioggia.

V. *Elettr. artif. e natur.* lib. II, cap. I, pag. 159 e 160.

successivi 8, 10, 13, 25 e 28 luglio vide rinnovarsi i fenomeni, che già erano stati osservati dai fisici francesi (1).

Fu nell'ultima delle accennate osservazioni, che gli venne il sospetto, tradotto poscia in certezza, che la spranga, e quindi l'atmosfera, potessero ricevere il duplice stato elettrico. « Un'ora dopo la mezzanotte del giorno 28 luglio, egli dice, si destò una furiosa tempesta di venti, lampi e tuoni, che talvolta mi si abbagliava fortemente la vista per la frequenza de' baleni. Quando questi cessavano per alcun momento, osservava che la punta, appesa alla catena, dava un fiocco vivissimo di più pollici di lunghezza; e che questo talora tutto a un tratto spariva, sebbene intanto tra la catena ed il dito, che le avvicinava, scoppiassero scintille assai penetranti, che mi scuotevano insino al gomito ».

« Il giorno seguente, meditando su ciò, che aveva osservato la notte, mi fissai particolarmente a considerare, come il fiocco talora all'improvviso spariva, eppuro vivissimo continuavano le scintille tra il dito e la catena. E combinando questo fenomeno con la teoria dell'elettricismo artificiale, mi venne forte sospetto, che la spranga non fosse talora per eccesso, talora per difetto elettrizzata. Imperocchè una punta, diceva io meco stesso, appesa alla catena della macchina elettrica, finchè la catena dà scintille assai vive, dà il fiocco assai visibile; la punta appesa alla macchina è dessa, su cui, invece del fiocco, compare la stelletta elettrica. Dunque la spranga elettrizzata dallo nubile sarebbe mai essa ora per eccesso, come la catena, elettrizzata, ora per difetto, come la macchina? — Affine di accertarmi di questa cosa, determinai di lasciare appesa, come per l'avanti, la solita punta

(1) Nel fare queste sperienze venne in pensiero al Beccaria di riconoscere se la pioggia, in cui si scioglievano le nubi temporalesche, fosse elettrica. Ma, presentando alle goccioline di essa, che pendevano dai lati del bicchiere, in cui la veniva raccogliendo, fili sottilissimi, e minuzzoli di foglie metalliche, non giunse mai a riconoscere alcun movimento sensibile, il quale si potesse attribuire allo elettricismo.

alla catena pendente dalla spranga; e di presentarle la palma della mano: ma di tenere nell'altra mano un'altra punta, e questa presentare alla palla della catena medesima » (1).

Infatti il 31 luglio, e meglio poi il 16 agosto, si avveravano i suoi sospetti. Chè levatosi un temporale furiosissimo, « non erano le nuvole ancora verticali alla spranga, che già suonava il campanello, e si avevano scintille assai vive. Da principio la punta annessa alla catena diede un fiocco assai esteso; poco dopo questo cessò, e cambiò in stelletta; e quasi all'istante spiccò il fiocco dalla punta presentata alla catena, che fin allora non aveva mostrata che la stelletta. Repliarono poi tante volte e tanto frequentemente queste vicende del fiocco e della stelletta, che ne fu impossibile il numerarle. Per altro le sudette vicende osservarono costantemente questa legge, che comparando il fiocco sulla punta annessa alla catena, compariva la stelletta sulla punta, che se le presentava; e viceversa, appena questa si cambiava in fiocco, quello diventava stelletta ».

Queste vicende indussero il Beccaria a pensare, che il fiocco e la stelletta dovessero pur comparire sulla parte alta della spranga, così « che quando la punta, annessa alla catena pendente dalla spranga, dà il fiocco, sul capo più alto della spranga, che guarda le nuvole, debba comparire la stelletta; e per l'opposto, quando in quella si vede la stelletta, debba su questa osservarsi il fiocco, giusta la universale teoria delle punte, che la stelletta compete a quelle, che ricevono, ed il fiocco a quelle, che danno ». Il quale fatto riuscì a verificare in posteriori esperienze (2).

Rimaneva pertanto dimostrato che, come la spranga, così l'atmosfera, può essere elettrizzata per eccesso e per difetto. — Dal che argomentò il Beccaria, che altrettanto dovesse pur dirsi delle nuvole

(1) *Elett. artif. e natur.* lib. II, cap. I, pag. 162.

(2) *Id. id.* cap. I, pag. 163 e seg.

temporalesche, a quel modo che il vapore, il quale esce da un'eolipila, può per eccesso o per difetto elettrizzarsi.

Che una siffatta supposizione fosse ragionevole, il Beccaria lo congetturò dai movimenti delle nuvole tempestose od elettriche, affatto diversi da quelli delle nubi, che apportano solamente pioggia. Queste, egli osserva, grado grado si espandono, con assai tranquillo movimento, e talora consumano intiere giornate a disporre il cangiamento del tempo; poi, quasi sempre, si espandono egualmente, ed egualmente oscurano il cielo; e finalmente durano alcun tempo a sciogliersi tranquillamente in pioggia o neve, ecc. All'opposto le nubi temporalesche sorgono quasi improvvisi, corrono velocissime le une verso le altre, e nell'incontrarsi lampeggiano e tuonano, e s'urtano altra volta, e dopo l'urto si respingono, e così seguono ad agitarsi, sinchè o v'ha in esse differenza di elettricismo, o si disciolgono in rovesci di pioggia o di grandine (1). — Veggonsi inoltre queste nuvole correre di preferenza verso i monti, verosimilmente perchè nel contatto di essi trovano più facile mezzo di ricostituire in se stesse l'equilibrio elettrico, perdendo del fluido, se elettrizzate per eccesso, ricevendone, se no hanno difetto. — Da questi movimenti disordinati delle nuvole lampeggianti, suppono il Beccaria possa dipendere la formazione stessa della grandine: suppone cioè che i nuvoli fortemente elettrici attraggano rapidamente i nitri ed altri sali sparsi per l'atmosfera, e ch'egli reputa opportuni al congelamento dell'acqua, come appunto ne serviamo dell'opera di simili sali a fare il ghiaccio artificiale. Laonde se, dice egli, diventasse possibile lo spogliare le nubi del loro elettricismo, uno stesso rimedio varrebbe e contro i fulmini e contro la grandine (2).

(1) Già osservava Muschembroeck, che nel formarsi i temporali « si vedono nuvole folte ed oscure, che sembrano urtarsi l'una l'altra, ed incrociarsi seguendo ogni specie di direzione ».

V. Muschembroeck, *Corso di fisica sperimentale*, § 1721.

(2) *Elettr. artif. e natur.* lib. II, cap. II, pag. 165 e seg.

Per altri segni, che non quelli soltanto dei movimenti delle nubi temporalesche, i quali corrispondono a quelli dei corpi per arte inegualmente elettrici, si rivela al Beccaria, come già a Franklin, la identità dell'elettricismo atmosferico e dell'artificiale.

I baleni e le folgori, che si producono dall'incontro delle nubi, corrispondono alle scintille, che scoppiano tra corpi diversamente elettrici, accostati a conveniente distanza. — La stessa differenza, nell'intensità dei rispettivi loro effetti, conferma per l'elettricismo atmosferico la legge già stabilita per l'artificiale: « che l'attività, con che si slancia l'elettrico vapore, e la luce, con che scintilla, e l'impeto, con che spezza l'aria, che gli resiste, è proporzionale alle dimensioni de' corpi inegualmente elettrizzati, ed alla differenza dell'elettricismo loro ».

Flessuosa è pur anche la direzione della scintilla, come quella del fulmine: il che il Beccaria dimostra coi serpeggiamenti della luce elettrica nel vacuo; e coi salti successivi della scintilla per una serie di sfericciuole metalliche disposte a zig-zag. — Da questo sperimento (dal quale ebbero origine i quadri e i tubi scintillanti) egli deduce la ragione del rumoreggiare prolungato, che segue spesso i lampi assai vivi, a quando a quando interrotto da tuoni spaventosi (1).

(1) « Fingasi, dice il Beccaria, una serie di nuvole A, B, C, D, ecc. che siano a una distanza un po' maggiore di quella, a cui può la folgore saltare dall'una all'altra: fingasi che queste nuvole elettriche per eccesso siano spinte o da venti, o dalla forza del loro elettricismo verso un qualche monte; e che A vi arrivi prima di tutte. La nuvola A scaricando il suo eccesso nel monte, che si suppone non avere, che la quantità naturale del vapore, lampeggerà. Intanto A, divenuta meno elettrica di B, ne sarà tratta da B, che a sua volta se le accosterà; e arrivata a una giusta distanza si rinnoveranno i tuoni o i lampi tra A e B; e poco dopo s'avrà altro tuono, e altro lampo tra A e il monte; di bel nuovo B e C divenute inegualmente elettriche, si accosteranno; ed ecco altri lampi, altri tuoni, ed eccone similmente altri tra B ed A, tra A e il monte; altri tra D e C, tra C e B, tra B ed A, tra A e il monte, ecc. E intanto negli intervalli dei tempi, in che le nuvole si accosteranno, e non vi sarà alcun lampo, le vallate e le colline seguiranno a ripercuotere l'aria vibrata poc'anzi dalla folgore; e si sentirassi quel lungo rumoreggiare, interrotto ogni tanto da orrendi scoppi e spaventosi baleni ».

Elettr. artif. e natur. lib. II, cap. II, pag. 171 e 172.

Riconosco inoltre che l'elettricismo naturale atmosferico e l'artificiale tra di loro convengono, e pel modo di loro eccitamento, e per le condizioni, che ne accompagnano la propagazione. Come l'arte con lo strofinamento eccita l'elettricismo, così gli pare, che ancor essa la natura si serva di tale mezzo; consentendo egli nella opinione di Desaguliers e di Franklin, i quali supposero che l'aria, scorrendo sulla superficie dell'acqua, ne elettrizzi le parti, le divida, e sì in alto le trasporti, come specificamente più leggere; onde si formano le nubi. — Tuttavia per altri mezzi credo ancora il Beccaria, che avvenga in natura lo eccitamento dell'elettricismo. « Ne mostra l'arte, dice egli; che il solo liquefacimento elettrizza per lungo tempo alcuni mescoli di solfo e di resine. Nelle continue ed infinitamente varie fermentazioni e dissoluzioni, che a lentissimi gradi opera la natura in diversissimi corpi, non saravvi alcun movimento del vapore elettrico proprio ai corpi medesimi? Il solo diverso grado di caldo in due corpi contigui non determinerebbe una parte del naturale loro vapore a passare da un corpo in un altro? E queste circolazioni di vapore non sarebbero per la massima parte insensibili, o perchè avvenissero in corpi non isolati, o perchè fossero sì lente ed ordinate, che sfuggissero alla nostra osservazione »? — Che se non tutte accettabili sono le ragioni, alle quali il Beccaria appoggia i suoi dubbi (1), questi, al posto, considerati nella loro significazione generale, applicati cioè alla materia agitata da forze, nulla hanno di esagerato e di inverosimile:

(1) Accenna il Beccaria, ad appoggiare i suoi dubbi, il comparire di globi di fuoco nell'atmosfera a cielo sereno — l'eccitarsi di materia fulminante nelle miniere — il deporsi della rugiada sui vetri, sulla porcellana, sulla gommalaeca, corpi elettrici per origine, e non sovra i metalli, corpi elettrici per comunicazione — e similmente il deporsi dell'umido notturno sovra taluni corpi, a preferenza che sovra altri. Il primo de' quali fatti è tuttavia un problema per la scienza — il secondo è una detonazione dipendente dalla natura chimica del gaz, che nelle miniere si svolge — e gli altri, specialmente dopo le ricerche di Wells, vogliono considerarsi siccome effetti del diverso potere raggianti e conduttore de' corpi pel calorico.

V. *Elettr. artif. e natur.* lib. II, cap. III. pag. 173 e seg.

trovano anzi la loro giustificazione e conferma nei risultati sperimentali ottenuti dal Volta, dal Nobili, dal Becquerel, dal De la Rive, dal Seebeck, dal Melloni, dal Matteucci, e da quanti elettricisti ricercarono nel secolo nostro le azioni varie e molteplici, dalle quali si eccita l'elettricismo ne' corpi.

Adduce poscia il Beccaria, notevolmente amplificate, le altre prove di identità fra la scintilla ed il fulmine, stabilite da Franklin: tra le quali la velocità, nell'uno e nell'altra, grandissima; e la maggiore facilità di diffusione sui corpi più acuminati e più alti. Dal quale fatto prende occasione a dimostrare che i fuochi di Sant'Elmo « altro non sono che altrettante assai estese stellette elettriche, se la nuvola, che sovrasta alla nave, sia elettrica per eccesso, o verissimi fiocchi elettrici, se quella sia elettrica per difetto, che chiaramente ne manifestano la particolare facilità, con che o verso le punte si dirige, o per esse si disperde il naturale elettrico vapore » (1).

Fondandosi egli in seguito sulla congettura dell'opposto elettricismo delle nuvole, e considerando che lo scoppio delle scintille eccitate dall'arte è proporzionale non solo alle dimensioni dei corpi, ma eziandio alle differenze del loro elettricismo, egli argomenta, che l'orrendo scoppio di alcune folgori, a cui è appena paragonabile il rumore della scintilla, debba essere anche in parte cagionato dal loro diverso ed opposto stato elettrico. — Combattendo quindi e la volgare credenza, che tutti deriva i fulmini dalle nubi, e la opinione del Maffei, che tutti li deriva dalla terra, dimostra — e per mezzo dell'osservazione diretta, e per la considerazione del modo d'azione delle spranghe frankliniane, le quali talora dall'alto ricevono, e talora danno alle nuvole il fulminante vapore — che i fulmini, altri dalla terra si elevano verso le nubi, ed altri dalle nubi scoppiano verso terra. La quale distinzione di fulmini in ascendenti e discendenti, già fu data

(1) *Elettr. artif. e natur.* lib. II, cap. III, pag. 175 e 176.

da Seneca, ed affermata dagli Etruschi, i quali erano di sì fatti fenomeni osservatori accuratissimi (4).

Applicando poscia all'elettricità atmosferica le leggi ritrovate sulla costanza ed invariabilità dei fenomeni dell'elettricità artificiale, il Beccaria dichiara la ragione degli effetti complessi del fulmine. Dimostra come l'aria resista allo scoppio dei lampi, non meno che allo elettrico vapore; e come, nell'esserne attraversata, si dilati: dondo provengono e gli scrosci di tuono, e i nubi di pioggia dirotta, e i venti impetuosi, che d'improvviso si levano. — Osserva come l'acqua e i liquidi, trapassati dalla scintilla atmosferica, prontamente si evaporino, espandendosi con grande violenza: dal che fa dipendere lo scortecciamento frequentissimo nelle piante percosse dal fulmine; per ciò che questo, cercando in esse la via più breve e più facile, invade lo strato, che è tra la corteccia e la parte legnosa, pel quale circolano i sughi nutritivi, e questi subitamente risolve in vapore. — Conferma i fenomeni osservati da Franklin di volatilizzazione de' metalli, di accensione delle sostanze combustibili, di lacerazioni, di rotture e di altre azioni meccaniche sui corpi, che offrono resistenza al passaggio

(4) *Elettr. artif. e nat.* lib. II, cap. III, pag. 178 e seg.

La distinzione accennata dei fulmini in ascendenti e discendenti è fondata più sull'apparenza, che sulla realtà. Essa d'altronde non è più ammissibile da chi consideri la propagazione dell'elettricità come un effetto di polarizzazione e di scarica di molecole successive: chè in tal caso più non vi sarebbe trasporto di materia elettrica, e quindi nemmeno ascesa o discesa di fulmine. — Osserviamo tuttavia che la disposizione e la natura dei corpi terrestri possono influire sulla apparenza della scarica, che ha luogo tra essi e una nuvola, per modo che la scarica sembra in alcuni casi ascendente verso le nubi, e in altri discendente da queste verso la terra.

Queste differenze di manifestazione, osserva De la Rive, dipendono bene spesso dalla posizione dell'osservatore per rispetto ai punti, tra i quali si effettua la scarica. Scaricando il conduttore d'una macchina per mezzo d'una sfera, che gli si accosta, la scintilla sembra diretta dal conduttore alla sfera, se questa gli è posta al disopra, e dalla sfera al conduttore, se questa trovasi al disotto del medesimo. Tuttavia in ambi i casi non muta direzione. La diversità di manifestazione è dunque una semplice illusione ottica.

V. De la Rive *Traité de l'électricité*, tom. III, cap. II, *électricité atmosphérique*.

del fluido elettrico: effetti, che sono altrettante riproduzioni amplificate di quello, onde in minime proporzioni è capace il fluido artificiale.

Nè diversa il Beccaria riconosce l'azione fisiologica del fulmine e della scintilla, se si eccettui la differenza nella rispettiva intensità degli scuotimenti, che essi producono sugli animali ⁽¹⁾.

Identico finalmente con l'artificiale egli ravvisa il fluido naturale, che lo strofinamento sprigiona dai peli d'un gatto, d'un cane, e dalla chioma d'un cavallo: per ciò che le scintille, che se ne traggono, e nella luce, e nello scoppio, e nella pntura rassomigliano a quelle, che si slanciano dal conduttore della macchina.

A confermare viemmeglio questa identità di effetti tra i due fluidi, il Beccaria accenna il fatto enriosissimo dello stato elettrico di una camiciuola di castoro vestita da Alessandro Amedeo Vaudania, la quale attirava a sè un filo di refe, che le si appressava, e faceva splendere la stelletta elettrica sulla punta d'un ago ad essa avvicinato ⁽²⁾. —

(1) *Elettr. artif. e natur.* lib. II. cap. IV, V e VI.

(2) Nei termini seguenti è espressa la relazione del fenomeno scritta dal Vaudania al Beccaria:

« Da che il freddo s'è fatto più rigoroso, mi sono vestito tra le due camicie una camiciuola di castoro. Ogni sera, in cavarini di dosso la prima camicia m'accorgo ch'essa ha alcuna adesione colla camiciuola medesima, e, in separarmela, sento molti scoppi di scintille elettriche, le quali, osservate al buio, non differiscono dalle scintille de'sperimenti elettrici. Poi appena comincio a spogliarmi la camiciuola, sento ch'essa si sta anche più fortemente attaccata alla camicia di sotto; ne la separo a forza, e me la spoglio; e recatamela nella mano destra, osservo che il lembo della camicia le sta ancora attaccato, e con esso si scosta dal mio corpo. Ritengo in mano la camiciuola, e la slontano più che posso, sicchè necessariamente la camicia se ne separa e questa allora tosto corre al mio corpo. Ravvicino la camiciuola e la camicia ricorre a lei. La slontano e la camicia ricorre al mio corpo; e per più volte la camicia replica queste specie di vibrazioni, che per altro successivamente s'illanguidiscono, e in poco tempo cessano affatto ».

Ad istanza del Beccaria fece il Vaudania la seguente sperienza. Mentre stavasi spogliato, teneva nella mano destra la camiciuola, colla sinistra le presentava la punta d'un ago; ed osservava su questa punta la stelletta elettrica.

V. Beccaria, *Elettr. artif. e natur.*, cap. VI, pag. 196 e seg.

Fenomeno questo non ignoto agli antichi: posciachè Plinio, Tito Livio e Dionigi d'Alicarnasso ci narrano, che dal corpo di Servio Tullio, ancor fanciullo, mentre dormiva, uscì una splendidissima fiammella: il che fu oggetto di terrore e, a un tempo, di singolare maraviglia. Narra pure che uguale fiammella nscisse, nell'ora della battaglia contro i cartaginesi, dalla testa di Lucio Marzio. D'altronde a più persone, e tra le altre al Cardinale Buoncompagni, alla signora Calandra Burri-Rambalda di Verona, accadde di lanciare vive scintille nel levarsi la camicia. E Cooke in una lettera, pubblicata nelle *transazioni filosofiche* del 1748, racconta, che egli vide sprigionarsi più volte assai vive scintille, separando i suoi abiti da un giubbetto di lana, che portava sulla pelle.

Fatti analoghi furono poscia osservati dall'inglese Symmer: nello studio dei quali si esercitò l'ingegno di un altro chiaro Mondovita, siccome altrove sarà detto.

XVI.

Levandosi infine a più alti e generali concepimenti, il Beccaria studia la origine di altri grandiosi fenomeni terrestri ed atmosferici, e ricerca se le trombe di mare, le aurore boreali, i terremoti, i vulcani, ecc. non dipendano in alcun modo dall'elettricismo naturale. — Delle quali ricerche parlando Priestley, non dubita di affermare che « se taluno, considerando le induzioni del Beccaria intorno all'elettricità atmosferica, può credere che egli siasi troppo abbandonato alle creazioni della fantasia, in queste poi lo giudicherebbe stravagante: ma le sue stravaganze, se pur tali voglionsi dire, sono quelle di un gran genio » (1). Se non che lo stesso Beccaria, quasi a prevenire lo altrui giudizio, dichiara che il suo libro, anzichè a stabilire dottrina assai certa e definitiva, in moltissime cose ad altro non mira (e ciò

(1) Priestley, *Hist. de l'électr.*, tom. II, pag. 240.

pur pensa sia pregio sufficiente dell'opera) che a proporre materia per ricercarla (1).

Egli intraprende dapprima lo studio delle trombe di mare: e cerca di provarne la origine elettrica dal modo di loro manifestazione, dai fenomeni, che le accompagnano, e dai mezzi, con che i marinai sogliono dissiparle.

E gli pare, innanzi tutto, che le trombe non nascano per conflitto di venti: per ciò che esse comunemente si formano a tempo calmo. — Il mare, nel punto sottostante alle trombe, sembra come in ebullizione, e, a guisa di monticello biancastro, sormontato da una specie di fumo, verso queste s'innalza: e a un tempo, da chi trovisi vicino, s'ode un cupo rumore. — La forma della tromba è quella d'un portavoce, la cui parte più larga è appoggiata alla nube, e la più stretta pende sul mare. — Varia ne è la grandezza, e il colore tra il biancastro ed il nero. — Perpendicolare alla superficie del mare, ma talvolta eziandio obliqua, ne è la direzione. — Variabilissima la durata: disappearing taluna appena formata; e alcuna rinascendo dove scomparve; durando tal altra anche un'ora.

Esse formansi eziandio sulla terra: e se ne videro sradicare alberi, atterrare edifizi, forare la terra, sollevar masse d'acqua, e rovesciarle posea a modo di diluvio e con orrendo frastuono (2).

La natura degli accennati fenomeni gli suscita nella mente il dubbio, eh'essi dipendano dall'elettricità. E in questo dubbio lo confermano e l'apparizione delle trombe più frequenti ne' mesi soggetti a

(1) Beccaria, *Elett. artif. e natur.*, pag. 232.

(2) Abbondano le relazioni sugli effetti delle trombe terrestri. Accenniamo qui soltanto i danni cagionati da quella, che Muschembroeck vide passare sulla città di Leida. Essa sradicò, e trasportò lungi, delle piante secolari; rovesciò facciate di case, tetti e camini. Un grosso perno di ferro, posto sovra una torre, fu sforzato, e ripiegata la banderuola di metallo aggirantesi sovra esso. L'acqua che scollava dalla tromba, formava come una specie di diluvio, le cui acque scorrevano con una velocità sorprendente, e facevano un tale fracasso, quasi cento carri scorressero sovra il selciato della strada ecc.

temporali, e l'accompagnamento di lampi, di pioggia o di grandine, e il non infrequente rapidissimo balenare di luce biancastra o giallognola intorno alle medesime, e il modo di loro disparizione analogo a quello di nuvole elettrizzate e a poca altezza sul mare, e in fine la pratica, comune presso le genti di mare, di promuoverne la dispersione e il dissipamento presentando loro coltelli, spade, od altri conduttori acuminati (1).

A rendere sensibile l'analogia tra i fenomeni delle trombe e dell'elettricità, sospende una goccia d'acqua ad una spranghetta di ferro comunicante col conduttore della macchina, e vi colloca sotto un recipiente pieno d'acqua: e vedo la goccia sospesa prendere successivamente tutte le apparenze d'una tromba di mare nella sua origine, nella sua forma e nel suo modo di sparire. Non vi manca che il fumo, il quale, per formarsi in tanta copia da rendersi visibile, richiede una forte carica elettrica (2).

Non diversa opinione fu emessa da Wilke intorno all'origine delle trombe. Egli in esse ravvisa un cono elettrico drizzato tra una nube fortemente elettrizzata ed il mare o la terra (3).

Nè solo in questa, che è pur minacciosa e terribile, ma in tutte le meteore acquose, che arrecano la tempeste e la fecondità alla terra, dubita il Beccaria del concorso dell'elettricismo: il quale poi più chiaramente gli si appalesa nelle meteore luminose.

Tra queste, innanzi a ogni altra, distingue l'aurora boreale, che Franklin già suppose prodotta dall'ineguale elettricismo di vapori, sollevati da diversi luoghi della terra (4), e che il Beccaria dimostra

(1) Questo modo di dissipare le trombe è detto dai marinai *tagliar le code*. Sogliono essi pure disperderle con lo sparo di cannoni.

(2) *Elettr. artif. e natur.*, lib. II, cap. VII, pag. 206 e seg.

(3) Wilke, *Dissertatio etc.*, pag. 142.

(4) Franklin così la spiega nella lettera V a Pietro Collinson:

« L'aria, fra i tropici rarefatta dal sole, s'innalza; l'aria di settentrione e mezzodì più densa preme contro quella. Quell'aria così rarefatta, sforzata a salire, si spande verso settentrione e verso mezzodì... Allora che l'aria co'suoi vapori

nella stupenda varietà dei suoi fenomeni, non punto dissimile da quanto si produce, fra corpi inegualmente elettrici, per movimenti, per corruscazioni e per scintille, e specialmente per la luce, che, senza strepito, nell'aria rarefatta si diffonde, a somiglianza delle colonne lucenti dell'aurora boreale, che appaiono attraverso l'atmosfera più alta, dove l'aria è meno densa (1).

Vuolsi qui ricordare che la dipendenza di questa meteora dall'elettricità, già era stata segnalata dall'abate Conti, il quale, in una dissertazione sulle aurore boreali, aveva ridotto ad una medesima materia, non differente dall'elettrica, e i fulmini, e le aurore, e le meteore lucenti, e i fuochi di Sant'Elmo, e i fuochi fatui e le fiammelle viste intorno ai capegli de' bambini: e voleva che una materia istessa fosse capace di tanti e tanto vari fenomeni, perchè dotata d'una serie di infiniti gradi di attività (2).

Poco dopo il Beccaria, l'inglese Canton, in una memoria presentata alla Società Reale di Londra, nella quale dà conto delle sue osservazioni sullo stato elettrico dell'atmosfera, pone le due questioni

alzati dall'oceano tra i tropici, arriva a discendere nelle regioni polari, e ad essere in contatto coi vapori, che vi sono sollevati, il fuoco elettrico, che quelli trasportano seco, comincia a comunicarsi, e si fa vedere nelle notti belle, cominciando a manifestarsi dove comincia a muoversi, cioè dove comincia il contatto, cioè nelle regioni più settentrionali, e perfino verso il zenit delle contrade settentrionali: ma avveganchè la luce paia slanciarsi da settentrione verso mezzodì, il progresso del fuoco è realmente da mezzodì verso settentrione. Il suo movimento comincia a settentrione: ed ecco perchè comincia a vedersi verso settentrione ».

V. *Oeuvres de Franklin*, tom. I, pag. 46.

(1) *Elettr. artif. e natur.*, lib. II, cap. VII, pag. 216 e seg.

Osserva per altro il Beccaria che « nelle aurore più ardenti, e che secondo le osservazioni pare s'estendano a luoghi più bassi dell'atmosfera, non mancano esempi di sibili e detonazioni, che anche in questa proprietà dichiarano la elettrica loro natura ».

(2) L'abate Antonio Conti, dei preti dell'Oratorio, fu poeta e letterato distinto. Recatosi a Parigi ed a Londra entrò in relazione coi dotti di maggior grido del suo tempo. Egli fu l'arbitro nella contesa tra Newton e Leibnitz riguardo alla priorità d'invenzione del calcolo differenziale.

Nacque il Conti in Padova nel 1677 e vi morì nel 1749.

seguenti: 1. L'aria, subitamente rarefatta, non può essa comunicare il fuoco elettrico alle nubi ed ai vapori, che l'attraversano? E l'aria, subitamente condensata, non può similmente ricevere l'elettricità da queste nubi medesime? 2. L'aurora boreale non sarebbe essa una emissione di fuoco elettrico delle nuvole *positive* verso le nuvole *negative*, a una grande distanza, attraverso la parte superiore dell'atmosfera, dove minore è la resistenza ⁽¹⁾?

Uguale origine reputa il Beccaria si debba assegnare ai fuochi fatui, ed eziandio alle fiamme, che si sviluppano talora nei sotterranei, e specialmente nelle cave di carbon fossile: — de' quali fenomeni già si è altrove discorso.

Esaminando infine i cambiamenti massimi del globo terracqueo, gli pare che i terremoti, e i vulcani, che loro sono intimamente connessi, abbiano stretta attinenza con l'elettricismo, naturalmente diffuso nella terra ⁽²⁾. — Analoghi invero gli si presentano gli effetti di rumore, di scuotimento prodotti dal terremoto e dal fulmine: sicchè identica debb'esserne la cagione. — Ma per comprendere come lo stesso vapore, che fulmina in cielo, possa scuotere anche più orrendamente sotterra: « ponele in serie, egli dice, per una parte gli effetti dell'elettricismo artificiale, gli effetti dell'elettricismo delle nuvole, e gli effetti de' tremuoti; e per l'altra i corpi che, in questi tre diversi casi, si elettrizzano; ed assumete per ipotesi il principio, già dimostrato, che gli effetti del vapore elettrico sono proporzionali alla quantità di lui, ed alla estensione dei corpi, pei quali si diffonde. Poi considerate la grande ampiezza dei diversi sotterranei corpi, la gran copia di vapore, che debbono rinserrare nel loro seno le miniere tutte, principalmente le solfatare. Anzi avvertite, che tutto il vapore elettrico, che fa sì strepitosi effetti nell'atmosfera, non è che una parte infinitamente piccola di quello immenso vapore, che stassi rinchiuso entro la terra,

(1) *Phil. trans.*, vol. XLVIII, parte I, pag. 358.

(2) Dice Plinio « essere il tremuoto in terra ciò, che è il tuono nelle nubi ».

e non avrete difficoltà a scorgere una ben giusta proporzione nella stabilita serie, e comprenderete, che se una scintilla scioglie una foglia d'oro, e se una folgore scioglie un acquedotto di piombo, potrà un tremuoto sciogliere, e rigettare assai ampiamente, i filoni interi delle sotterranee miniere. Vedrete che, se una scintilla fa fumare poca polvere di solfo, se una folgore nè infesta d'odore assai ampiamente i luoghi, pe' quali scoppia; il vapore che si scagli sotterra, e produca un tremuoto, dovrà poter infiammare le intiere solfatare, ed eccitare vastissimi incendi. Conoscerete inoltre, che se una scintilla fa in un istante, e con forza, evaporare alcuna gocciola d'acqua, e se la folgore asciuga vasi assai capaci; dovrà il vapor de'tremuoti, con forza incredibilmente maggiore, far evaporare le acque sotterranee, e rigettarle con violentissimo impeto. Finalmente concederete, che se una scintilla può stritolare alcun vetro, e se una folgore può schiantare le torri più ferme; potrà il vapor di tremuoti o sprofondare le montagne, e le isole intere, o sollevarne, e quasi produrne delle nuove » (1).

Terminò il Beccaria la esposizione delle sue ricerche intorno alla elettricità atmosferica con alcune riflessioni intorno all'uso delle punte metalliche, di cui già altrove fu cenno (2).

Queste sono le dottrine svolte dal Beccaria nella prima sua opera sull'elettricismo. — Del merito della quale può giudicare chiunque, o la metta a confronto con quelle, che la precedettero, tra cui notiamo le maggiori, di Nollet, di Jallabert, non escluse eziandio le lettere di Franklin; ovvero si faccia ad esaminarle, riandando i progressi fatti dalla scienza elettrica dal 1746 al 1752. A noi basti il ricordare qui i giudizi, che, sul merito della medesima, furono portati dal Franklin stesso, dal Toaldo, dall'Eandi e dal Priestley. Franklin, interpellato in proposito dal fisico Dalibard, rispondeva queste poche parole: « Voi mi domandate quel ch'io pensi del libro italiano del P. Beccaria. Io lo

(1) *Elettr. artif. e natur.*, lib. II, cap. VII, pag. 226 e seg.

(2) V. Periodo terzo, sezione prima, pag. 194 e 195.

lessi con molto piacere, e lo considero come una delle migliori opere, che m'abbia vedute, in qualsivoglia lingua, sovra questa materia » (1).

L'abate Toaldo, che fu matematico e meteorologista insigne, scriveva che « il libro del P. Beccaria contiene un sistema tale di esperienze e di osservazioni, così legate, ragionate e dedotte, così proprie a interrogare la natura, e sforzarla a spiegar le sue intenzioni, che, dopo l'ottica del Newton, non v'è forse opera di fisica così massiccia e seconda » (2).

Il prof. Eandi, che fu discepolo e quindi biografo del Beccaria, osserva che questi nella sua opera dell'*Elettricismo naturale e artificiale* « confermando il sistema frankliniano, andò tant'oltre, che ne esaurì per que'tempi la materia in tutta la sua ampiezza. Onde non è maraviglia, se dopo un numero incredibile di libri su questa materia, sia stata ricevuta quest'opera dai fisici e dalle accademie con tanto applauso, e come opera originale, per cui fu collocato tra i primi ristoratori della scienza naturale, e le celebri Accademie di Londra e di Bologna si fecero gloria di ascriverlo tra i loro soci » (3).

Finalmente l'inglese Priestley, ricordando con molta diligenza le scoperte del Beccaria, lo annovera tra i più celebri elettricisti stranieri (4).

Parlando degli ulteriori progressi dell'elettricità, vedremo che il Beccaria aggiunse altri, e non minori titoli alla estimazione, in cui già era venuto presso i dotti d'Europa.

(1) *Oeuvres de Franklin*, lettera a Dalibard, 29 giugno 1755, pag. 149.

(2) Toaldo, *Apologia dei conduttori metallici*.

(3) Eandi, *Mem. istor.* intorno gli studi del P. G. B. Beccaria, pag. 49 e seg.

(4) Priestley, *Hist. de l'électr.* passim.

SEZIONE TERZA.

Miglioramenti introdotti nella costruzione delle macchine elettriche, e degli apparati elettroscopici. — Macchina elettrica di Guerike; di Hawkesbee; di Boze; di Winkler; di Nollet; di Gordon; di Ramsden. — Macchina a doppio fluido di Nairne; di Van-Marum. — Modificazioni eseguite rispetto alla natura ed alla forma del corpo coibente; degli strofnatori; dei conduttori; e degli isolatori. — Della elettrometria. Elettroscopio di Gilbert; di Dufay. — Elettrometro di Darcy e Le Roy; di Nollet; di Canton; di Henley; di Lane; di Cavallo; di Saussure; di Bennet; di Volta. — Risultati delle sperienze del Volta intorno alla graduazione ed alla comparabilità dei diversi elettrometri. — Bilancie elettrometriche di Cuthberson e di Coulomb.

La chiarezza e la semplicità della teoria di Franklin, discussa ed applicata dal Beccaria ai fenomeni dell'elettricità naturale, — i grandiosi sperimenti intrapresi per esplorare la natura del fulmine, — e infine la istessa popolarità acquistata dalle sperienze alla elettricità attinenti, furono altrettante cagioni di eccitamento a nuove ricerche.

Quindi quasi a un tempo, cioè nell'intervallo corso dallo sperimento di Franklin alla scoperta del Galvani, vediamo coltivarsi la giovane scienza dal Beccaria, dal Canton, dal Wilson, da Epino, dal Wilke, dal Cigna, dal Priestley, dal Coulomb, dal Saussure e dal Volta.

Nè, a ricerche intraprese da uomini di tanta fama, poteva venir meno la felicità del successo. Laonde in pochi anni si accrebbe la scienza di così belle e varie scoperte, che, a volerne mostrare il nesso e la dipendenza, diventa necessario il suddividerne l'istoria, raggrupbandole secondo l'ordine della scienza medesima, anzi che rispetto al

tempo, in che esse vennero fatte. — Il perchè noi tratteremo, in distinte sezioni, degli apparati elettrici; — delle sorgenti dell'elettricismo; — delle nuove ricerche intorno ai fenomeni dell'elettricità artificiale, e dell'atmosferica; e delle teorie immaginate a spiegarli.

E dapprima diciamo dei miglioramenti introdotti nella costruzione degli apparati elettrici.

I.

Vedemmo già come alla scienza elettrica, sul finire del secolo, in cui era sorta per opera di Gilbert, Ottone di Guericke apprestasse la prima macchina, destinata a raccogliere in maggior copia il nuovo fluido: ed accennammo puranche le modificazioni a questa macchina successivamente arretrate da Hawkesbee, da Boze, da Winkler, ecc.— Ora, prima di esporre i miglioramenti introdotti nella costruzione della medesima nella seconda metà del secolo XVIII, crediamo non inopportuna qualche osservazione sull'intrinseco valore delle macchine elettriche già ricordate (1).

L'apparecchio di Ottone di Guericke svolgeva tanto piccola dose di elettricità, che a veder la luce di questa, ch'era somigliante alla fosforica, e a udirne il lieve rumore, conveniva sperimentare in luogo buio, ed accostare l'orecchio alla macchina.

Meglio riusciva il globo di vetro, che Hawkesbee surrogava al globo di solfo di Guericke: e più complessa eziandio era la forma da lui data all'intero apparato.— Ma Hawkesbee se ne giovò soltanto per lo studio dei fenomeni luminosi, ricorrendo, per la produzione degli altri effetti dell'elettricità, allo strofinamento dei tubi di vetro, già usati da Gilbert: onde, o fosse che ad eccitare que' fenomeni atta solamente si riputasse, o fosse che la complicazione della forma stimar la facesse troppo incomoda a fronte della semplicità e del facile uso

(1) V. Periodo secondo, sezione seconda, pag. 52 e 53.

dei tubi di vetro, a questi la macchina di Hawkesbee per vent'anni cedette di bel nuovo il campo: sinchè i tedeschi Hausen e Boze la richiamarono in uso, semplificandone la costruzione.

La macchina di Boze consisteva in un semplice globo di vetro, attraversato da un'asta metallica, e posto in rotazione per mezzo di una manovella. La mano, ben secca, serviva di strofinatore. — Ma ciò che rese la macchina di Boze migliore delle precedenti, e quindi ne fece propagare l'uso in Germania, fu l'aggiunta, ch'esso vi fece, di un conduttore metallico, destinato a raccogliere la elettricità dalla macchina. Doveva perciò il conduttore essere isolato, e posto in prossimità del globo: ond'egli pensò dapprima di farlo sostenere da persona isolata sovra una stacciata di resina. Tosto poi s'avvide che assai più comodo era l'isolamento diretto del conduttore per mezzo di fili di seta.

Il Winkler trovò tuttavia imperfetta la macchina di Boze: richiedendosi, per lo svolgimento del fluido, che la mano fosse ben secca; non potendosi d'altronde strofinare sufficientemente il globo, per ciò che non potevasi imprimergli un movimento rapido, come pur conveniva; oltrecchè non era lieve fatica il dar moto alla manovella, od alla ruota, per un tempo alquanto lungo. Egli pertanto allo strofinamento della mano sostituì quello d'un cuscinetto di crine: e per dare il movimento di rotazione al globo, adottò un archetto metallico, somigliante a quello dei tornitori in legno; il quale, per la molta sua elasticità, era capace di imprimere al globo una velocità grandissima di rotazione.

La sostituzione fatta da Winkler di un cuscinetto fisso alla mano dello sperimentatore per lo strofinamento del globo, non fu tosto universalmente accettata, osservandosi, che per causa di sua fissità, il cuscinetto non poteva adattarsi facilmente contro la superficie del globo: onde lo strofinamento riusciva irregolare ed imperfetto; e quindi poca la elettricità sprigionata. — « In Francia particolarmente si

dette di dover rigettare l'uso dei cuscinetti; e la mano, ben secca, fu proclamata assai più efficace, per svolgere la elettricità. L'abate Nollet si mostrò il più ardente per respingere la nuova modificazione venuta d'Allemagna; l'abate Nollet era dotato d'una mano larga, nervosa e secca, che pareva dalla natura fatta apposta per esercitare delle frizioni elettriche. Ma ugual ragione non militava in favore di tutti gli sperimentatori, i quali ebbero il torto di associarsi al pregiudizio del fisico del collegio di Navarra (1). E per opera de' quali, la macchina del Nollet, che aveva pure il difetto di essere soverchiamente voluminosa, e di richiedere l'opera di due persone, fu in Francia preferita ad ogni altra sino al 1770 ».

La macchina a cilindro del padre Gordon, fatta ad imitazione di quella di Winkler, non presentava alcuno degli inconvenienti di quella del Nollet. Semplicissima, comoda a trasportarsi, e ad un tempo, negli effetti, superiore ad ogni altra, la macchina elettrica di Gordon si diffuse in Inghilterra: dove se ne rese più rapido il movimento, col sostituire alla semplice ruota, che dava moto a una fune, una ruota dentata che s'ingranava in un rocchetto, posto sull'asse del cilindro. Una di queste macchine di Gordon, modificata e costruita dal meccanico inglese Adams, è descritta dal Muschembroeck nel suo « *Corso di fisica* (2) ».

Tuttavia, dopo il 1740 e sino al 1770, ad accrescere la intensità degli effetti elettrici, Watson e con esso tutti i fisici inglesi, ed eziandio i tedeschi, ricorrevano a macchine assai più complicate: composte cioè di tre o quattro globi di vetro, simultaneamente strofinati da cuscinetti fissi, e trasmettenti la elettricità, che sovr'essi era svolta, a tubi di latta isolati, e comunicanti coi globi per mezzo d'un fiocco metallico (3).

(1) Figuier, *Expos. et hist. des princip. découvc. scientif. modernes*, pag. 43.

(2) Muschembroeck, *Cours de physique expérimentale et mathématique*, traduit par Sigaud de la Fond, 1769, tom. I, pag. 353.

V. periodo secondo, sezione seconda, pag. 52.

(3) V. *Récueil de traités sur l'électr. traduits de l'allemand et de l'anglais*, 2.^e partie, pag. 15 e seg.

Nonostante le varie modificazioni, progressivamente introdotte nella costruzione degli apparati elettrici, delle quali si è finora discusso, erano tuttavia non solo possibili, ma prevedibili, ulteriori miglioramenti. — E questi non tardarono a compiersi.

Il primo fu la sostituzione dei dischi di vetro ai cilindri ed ai globi suggerita, nel 1755, da Martino Planta dei Grigioni, e posta in atto, nell'anno susseguente, dal francese Sigaud de la Fond (1): sostituzione consigliata forse da queste due considerazioni; che maggiori effetti sarebbonsi ottenuti da macchine a superficie piane, ugualmente premute dai cuscinetti, e che meno frequente, ed eziandio meno pericoloso, diverrebbe lo scoppio dei vetri; il quale non di rado avveniva nei globi, siccome ebbero a sperimentare il padre Béraud a Lione, nel 1750, e quindi Boze a Wiltemberg, Le Cat a Rouen, De Robin a Rennes, Sabatelli a Napoli e Sigaud a Parigi (2).

Tuttavia l'uso dei dischi di vetro si abbandonò ancora, ma per poco. Non venne in pensiero a Sigaud di far girare il disco fra quattro cuscinetti: egli ve ne adattò un solo, e disposto verticalmente. Dal che avvenne che, proponendosi un giorno di ottenere maggior copia di fluido, serrò più forte il cuscinetto contro il disco: e questo, non ugualmente premuto, si ruppe e ferì lo sperimentatore; il quale, a scanso di altri danni, ritornò all'uso dei globi di vetro.

En perciò soltanto alcuni anni appresso, cioè nel 1768, che Ramsden, ottico inglese, sostituiva definitivamente ai globi di vetro i dischi rotanti fra quattro cuscinetti in pelle, rimborrati di crine, e prementi il vetro per mezzo d'una molla. E quest'è la macchina elettrica, che ancor oggidì, lievemente modificata, si adopera dai più degli sperimentatori di cose elettriche.

(1) *Précis hist. et expér. des phénom. électr.*, pag. 47 e seg.

(2) Nollet, *Lettres sur l'électricité*, parte I, pag. 19 e seg.

Tutte le macchine finora accennate erano ad un *fluido solo*; svolgevano cioè una sola specie di elettricità, quella del corpo strofinato: per ciò che la macchina comunicava col suolo, ed il conduttore metallico solamente sollevasi isolare. — G. B. Beccaria fu il primo a dimostrare, che, isolando la macchina, e ponendo in comunicazione col suolo il conduttore, cessano in questo i fenomeni elettrici, ed appaiono su quella, ma di specie contraria ⁽¹⁾. Con questa semplice modificazione il Beccaria rese la macchina elettrica molto più comoda e adatta, perchè a doppio fluido, a qualsivoglia genere di sperimenti. — Una macchina costruita, secondo tali norme, dall'inglese Adams ⁽²⁾, è descritta da Tiberio Cavallo nel suo trattato di elettricità ⁽³⁾.

Nel 1783 il valente meccanico inglese Nairne imitò una tale disposizione, componendo una macchina elettrica a doppio fluido con un cilindro cavo di vetro di grandi dimensioni, ai lati del quale pose due conduttori isolati sovra colonne di vetro, e non comunicanti fra loro. L'un d'essi munito d'uno strofinatore di cuoio rimbordato di crine, e l'altro fornì d'un pettine metallico. — Ponendo in rotazione il cilindro di vetro, lo strofinatore, ed il conduttore che lo sostiene, si elettrizzano negativamente, e il vetro, e l'altro conduttore, positivamente. Ora se il primo dei due cilindri si fa comunicare col suolo, resta l'elettricità positiva libera sul secondo conduttore. Se questo invece comunica col suolo, rimane libera la elettricità negativa sull'altro ⁽⁴⁾.

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale e naturale*, lib. I, cap. I, pag. 6; cap. III, pag. 50.

(2) Adams, nato nel 1750 e morto nel 1799, fu un abilissimo costruttore di strumenti fisici e matematici, e al tempo stesso un dotto fisico. Egli scrisse un'opera sull'elettricità intitolata « *Essay on electricity* » della quale si fecero più edizioni.

(3) *Traité complet d'électr. trad. de l'anglais*, 1785, pag. 126.

Tiberio Cavallo, fisico napoletano, nato nel 1749 e morto in Londra nel 1809, si distinse soprattutto nell'elettricità: intorno alla quale scrisse la suaccennata opera assai pregiata, la quale fu tosto tradotta in lingua francese.

A lui debbesi un notevole miglioramento nella costruzione degli elettrometri, e la costruzione di una boccia di Leida detta *a valveola*.

(4) *The description and uses of Nairne patent's electrical machine*, ecc. London, 1783.

Non guari diversa da quella di Nairne è la macchina di Van-Marum, ancor essa a doppio fluido. Questa, invece del cilindro, ha un disco di vetro girante fra quattro cuscinetti isolati sovra colonne di vetro: mentre due archi metallici, mobili, e sostenuti l'uno dall'asse del disco e l'altro da una sfera metallica isolata, servono, secondo sono disposti, a lasciar libera sulla sfera isolata l'una, o l'altra specie di fluido. — La macchina elettrica di Van-Marum vuolsi annoverare tra le prime per la intensità degli effetti: quella ch'egli fece costruire pel gabinetto di Teyler a Harlem dà la scintilla a più di ventiquattro pollici di distanza ⁽¹⁾.

La macchina di Nairne fu dapprima costruita allo scopo di applicare la elettricità agli usi medici. Essa poi, come quelle di Van-Marum e di Ramsden, prese posto nei gabinetti di fisica ⁽²⁾.

III.

Descritte le innovazioni principali nella forma delle macchine elettriche, esaminiamo brevemente le modificazioni subite dalle singole parti di essa.

Compongono la macchina elettrica due corpi conduttori, e due coibenti od isolatori. Essenzialmente necessari sono soltanto il coibente,

(1) Di questa macchina, e dei suoi effetti e delle principali sperienze istituite con essa, ne fu data una compiuta descrizione dallo stesso Van-Marum, che era direttore di quel gabinetto. — Sono soprattutto notabili gli effetti meccanici e calorifici ottenuti con la potentissima macchina di Harlem.

Van-Marum nacque a Gröningen nel 1750 e morì nel 1837.

(2) Si costruirono poi eziandio delle macchine elettriche con carta, con gutta perca, con stoffe di seta, di lana, di taffetà, ecc., stendendo queste materie sopra due cilindri mobili, come si fa di una fune continua sovra le ruote a cingoli. Ponendo in girazione uno dei cilindri, gira pur l'altro, e con esso la materia, che vi è sovrapposta a modo di fune, la quale viene strofinata da un cuscinetto rivestito di pelle di gatto, e posto da un lato, mentre al lato opposto corrispondono le punte del pettine di un conduttore isolato. Nello strofinamento la pelle di gatto si elettrizza positivamente e la stoffa negativamente, come pure negativa è la elettricità, che quindi si trae dal conduttore isolato.

che si strofina, ed il conduttore, che compie l'ufficio di strofinatore. Accessori sono il cilindro metallico, su cui si raccoglie l'elettricità, detto anche *bevitore* o *catena*, ed i sostegni, che servono ad isolarlo. Questi tuttavia aggiungono perfezione alla macchina, con la quale vuolsi ottenere un pronto e copioso svolgimento di elettricità, e renderne minima la dispersione.

Come principale coibente si adoperò dapprima il solfo nella macchina di Guericke. Hawkesbee gli sostituì il vetro: il quale venne poscia in uso generale. — I globi di solfo furono unicamente adoperati dappoi per svolgere la elettricità negativa. Per ciò Le Roy soleva distendere uno strato di questa materia sovra un globo di vetro, che rendeva poscia uniforme, passandovi sopra un ferro caldo: il quale metodo era pure seguito da Bergman di Upsala ⁽¹⁾.

Ma il Nollet per avere maggiore finezza di pulimento e di forma nel globo, preferì il primo metodo di Guericke: di fondere cioè del solfo entro un globo di vetro, e poscia rompere quest'ultimo. — Egli inoltre anzi che adoperare solfo puro, usava eziandio comporre una miscela di solfo e di vetro pesto ⁽²⁾.

Il padre Vindelino Hammersin di Lucerna proponeva, nel 1754, come corpo coibente, il legno secco e fatto bollire nell'olio di lino, ovvero coperto di vernice per ripararlo dall'umidità. Con cilindri di legno posti in girazione per mezzo d'una ruota, egli riusciva a comporre delle buone macchine elettriche ⁽³⁾: similmente una di siffatte macchine a disco ed isolatori di legno era inviata dal Volta allo Spallanzani nell'anno 1771 ⁽⁴⁾.

Allò sprigionamento della elettricità negativa si usarono pure globi di vetro spulito, dopo che Giacomo Canton dimostrava, che esso

(1) *Phil. trans.*, vol. LII, parte II, pag. 485.

(2) *Lettres sur l'électr.*, parte I, pag. 121 e seg.

(3) *Phil. trans.*, vol. LII, parte I, pag. 342.

(4) V. *Collezione delle opere del Volta*, tom. I, pag. 63. *Novus ac simplicissimus electricorum tentaminum apparatus.*

con lo strofinamento riceve uno stato elettrico opposto a quello del vetro pulito (1).

Prevalse poi generalmente il metodo assai più comodo, suggerito prima dal padre Beccaria, di isolare i cuscinetti addossati a globi, o a cilindri o a dischi di vetro, allorchè vno si libera la elettricità negativa.

Molto si discusse intorno alla migliore qualità dei vetri da adoperarsi nella costruzione delle macchine elettriche: e neppure oggi si è in tutto d'accordo.

Nollet osservò che i vetri ordinari, da invetriate e da bicchieri, solo dopo mesi ed anni diventano facili all'elettrizzazione. Riconobbe anzi in generale da molte sperienze, che il vetro diviene sempre meglio adatto alle sperienze elettriche, a misura che viene strofinato. Attribui egli la diversa elettrizzabilità dei vetri al vario grado di loro durezza e cottura: risultandogli che i vetri più teneri, ad es. quelli di Inghilterra e Boemia, erano più acconci agli esperimenti elettrici. — Ma anche oggi, tra questi ultimi, v'ha chi preferisce il vetro bianco inglese, ed altri il giallo di Boemia. — Anch'esso il vetro nero facilmente si elettrizza.

Influisce pure la grossezza del vetro. Il Nollet adoperava vetri dello spessore d'una linea. — A cose uguali, i dischi e i cilindri di meno spessore si riconobbero migliori: ma essi presentano maggiore il pericolo della rottura e dello scoppio (2).

A strofinare i vetri, dopo che Winkler adottava i cuscinetti, Canton suggerì, nel 1754, una stoffa di seta preparata con l'olio di lino, da lui provata efficacissima sui tubi (3). — A ciò Wilke adoperava con vantaggio una stoffa di lana alquanto incerata, o leggermente spalmata d'olio (4). — Ma spediente d'ogni altro migliore fu quello, cui ricorse

(1) *Phil. trans.*, vol. XLVIII, parte II, pag. 782 e seg.

(2) Nollet, *Leçon des phys. expér.*, vol. VI, pag. 273 e seg.

(3) *Phil. trans.*, vol. XLVII, pag. 239.

(4) Wilke, pag. 124.

il Beccaria: di strofinare cioè il globo di vetro con una pelle di gatto secca e calda ⁽¹⁾.

La potenza delle macchine elettriche notevolmente si accresce, spalmandone i cuscinetti di particolari sostanze conduttrici. Questo miglioramento debbesi a Canton, il quale suggeriva per ciò un'amalgama di mercurio e di stagno, con piccola quantità di creta o di biacca ⁽²⁾. — Il dottor Higgins, nel 1778, propose un'amalgama, composta di un sesto di zinco e cinque sestì di mercurio; la quale fu da Cavallo riconosciuta migliore delle altre ⁽³⁾. Si adottò poi generalmente la spalmatura dell'oro musivo, il quale è un bisolfuro di stagno.

Quanto ai cuscinetti non si mutò notevolmente la forma data primitivamente ai medesimi. Essi sono costituiti di due parti: l'una interna, a contatto del disco, la quale dev'essere ottima conduttrice: di qui il vantaggio delle spalmature e delle amalgame. La parte esterna è meno conduttrice: e così debb'essere, perchè non si dissipi l'elettrico, che si svolge per l'attrito. — Nel 1788 Van-Marum sostitui ai primi cuscinetti di crine degli strofinatori, che davano alle macchine una tensione elettrica assai maggiore. Consistevano essi in una piastra di legno piana, e premuta contro il disco da una doppia molla. Un cuoio spesso e flessibile la ricuopriva, sul quale si distendeva una foglia di stagno, e su questa un pezzo di taffetà spalmato d'oro musivo, o meglio di un'amalgama di stagno, zinco e mercurio. — Questi cuscinetti di Van-Marum furono da pochi anni richiamati in uso, siccome superiori nell'effetto a quelli sino ad ora impiegati nelle macchine elettriche: e frattanto s'accrebbe la tensione del fluido libero sulle macchine stesse, aggiungendovi, siccome già fu proposto da Bianchi ed eseguito da Dumotiez, due pezzi di taffetà, a forma di un quarto di circolo, i quali avvolgono il vetro, ed impediscono la disperdizione del suo fluido nell'aria.

(1) *Lettere sull'elett.*, pag. 58. (2) *Phil. trans.*, vol. LII, parte II, pag. 461.

(3) *Traité complet de l'électr.*, pag. 172.

rivestiti di carta dorata, di cui servivansi comunemente il Franklin e il Beccaria (1).

Il Volta finalmente, e dopo lui Coulomb, nel campo sperimentale, e quindi Laplace, Poisson, Plana e Belli nel campo teorico, ricercarono il modo di distribuzione del fluido elettrico sulla superficie dei conduttori isolati. Il Volta in una lettera indirizzata al signor di Saussure, il 20 agosto 1778, col mezzo di opportune sperienze comparative sovra cilindri d'ugual superficie, ma di varia lunghezza, dimostrò come poco importi, che un conduttore abbia grande capacità, e altrettanto più importi che esso sia comparativamente assai lungo. Quindi egli trovò che la capacità dei conduttori delle macchine elettriche, i quali ordinariamente sono grossi cilindri metallici, notevolmente si accresce, se la superficie loro si distende in maggiore lunghezza, e se ne rende la grossezza proporzionatamente minore; e che quindi conviene in generale fare i conduttori della macchina poco grossi e molto lunghi (2). — A questi principi è subordinata la estensione e la forma, che anche oggidì soglionsi dare ai conduttori delle macchine elettriche.

Un'ultima modificazione si introdusse nei conduttori, relativa al modo di loro comunicazione col cilindro o col disco della macchina. Al fiocco di fili metallici pendenti verso il vetro si sostituirono, con molto vantaggio, delle punte infisse sui conduttori, e dirette verso lo equatore del globo, od accostate alla superficie dei dischi di vetro.

V.

I conduttori infine vogliono essere diligentemente isolati dal contatto di altri corpi deferenti. — All'uffizio di isolatori per lungo tempo si adoperarono funicelle di seta. Di queste si servì Dufay nelle sue

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, pag. 493 e 494.

(2) V. *Collezione delle opere del Volta*, tom. I, pag. 165 e seg.

molte esperienze: e le persone, che voleva elettrizzare, collocava sopra una tavoletta quadrangolare, quasi fosse un gran piatto di bilancia, sospeso, pei quattro angoli, a funi di seta.

La poca comodità di quest'apparecchio, resa anche minore dalla mobilità del medesimo, indussero il padre Gordon a sostituirvi, come già vedemmo, un ampio telaio in legno, sorretto da quattro piedi, fra i lati del quale era distesa una rete di funicelle di seta: su questa ponevasi una tavola, su cui s'adagiava la persona, che voleva elettrizzare. Tuttavia neppure il telaio di Gordon s'adoperò per lungo tempo. Chè tosto conobbero i fisici di quel tempo come ogni corpo idioelettrico fosse atto ad isolare i conduttori; e che perciò più comodo sarebbe riuscito l'uso di larghe stiacciate di corpi coibenti, quali la cera, la pece, e le resine in generale. Fondendo insieme più di queste sostanze, e in quantità determinate, e versandole poscia in recipienti assai larghi e poco alti, si pervenne a formare dei nuovi isolatori, discretamente solidi, ai quali diedesi il nome di *stiacciate elettriche*. Queste furono adottate dal Franklin, dal Beccaria, ecc., e si mantennero in credito per molto tempo. — Della ottenuta preferenza non erano esse immeritevoli, semprechè fatte venissero con le necessarie precauzioni: adoperando cioè materie pure, non frammiste ad altre sostanze più o meno conduttrici; — dando loro uno spessore sufficiente, poichè le sperienze di Watson dimostrarono la facile dissipazione dell'elettrico sovra strati di resina di grossezza minore di duo pollici; — e finalmente servendosene solo dopo qualche tempo; giacchè l'esperienza chiarì la poca elettrizzabilità delle resine recentemente fuse⁽¹⁾.

Malgrado tutte queste precauzioni, gli accennati isolatori erano tuttavia incomodi, e non sempre applicabili nelle sperienze. Troppo voluminosi e pesanti essi sono, e quindi poco facili a maneggiarsi, e d'altronde troppo risentono le variazioni di temperatura. Il calore li rammollisce così, ch'essi cedono sotto il peso delle persone, che vi

(1) Sigaud de la Fond. *Précis histor. ecc.* pag. 62.

montano sopra; e il freddo li rende friabili; sicchè il peso di una persona li fa screpolare. — Preferibili adunque sono gli sgabelli isolatori, formati da una tavoletta di legno, sostenuta da quattro piedi di vetro. Di questi isolatori fu primo a servirsi, nel 1749, Sigaud de la Fond, adoperando, per sostegno, dapprima quattro colli di bottiglie e poscia cilindri di vetro nero ⁽¹⁾.

A sostenere i conduttori della macchina elettrica si impiegarono per lunghissimo tempo le funicelle di seta. — Eransi eziandio proposti per tale ufficio i bastoni secehi, e preparati col metodo di Hammersin: e già, nelle sperienze istituite da Watson sulla montagna di Soother, abbiain veduto che i piuoli di legno secco servivano ad isolare il conduttore metallico. — Ma nel 1769 Ramsden applicò alla macchina elettrica le colonne di vetro: e d'allora in poi si abbandonò l'uso delle funi di seta e di ogni altra maniera di sostegni. Tuttavia il vetro, che è il miglior coibente, ha facilità maggiore, che non la cera, e i corpi resinosi, a raccogliere e ritenere sulla sua superficie l'umidore dell'aria, il quale stabilisce una comunicazione tra il suolo ed i corpi, che ne dovrebbero essere pel vetro isolati: onde il fluido de' conduttori eeleremente si sperde. Ma a questo inconveniente ben presto si riparò dai costruttori inglesi, col rivestire le colonne di vetro d'uno strato di cera fusa, o d'altra vernice coibente e meno igroscopica del vetro.

Queste sono le principali modificazioni, introdotte dai fisici del secolo passato nella costruzione della macchina elettrica ⁽²⁾.

(1) Sigaud de La Fond, *Précis histor.* ecc. pag. 62.

(2) Altre innovazioni si proposero sul principio del nostro secolo, dirette ad ottenere maggior copia di fluido, ed a raccogliere simultaneamente sovra lo stesso apparato la elettricità positiva e la negativa. — A quest'ultimo fine il prof. Elie di Genova suggeriva di intonacare d'uno strato di ceraacea una delle superficie del disco di vetro, affine di svolgere sovra essa la elettricità negativa, mentre sulla faccia opposta del vetro si rende libera la positiva.

Una nuova combinazione di strofinatori della macchina, e di collettori del fluido, fu pure immaginata dal signor Novellucci di Firenze nel 1815, e descritta

VI.

A riconoscere la presenza dell'elettricità libera ne' corpi, e ad indicarne la natura ed eziandio determinarne, per quanto è possibile, la intensità, si costruirono gli *elettroscoopi* e gli *elettrometri*.

dal march. Ridolfi in una memoria pubblicata nell' «Antologia» del 1824, col titolo «*Nuovo miglioramento delle macchine elettriche a disco*». — Nella macchina del Novellucci il disco è orizzontale, e riceve un movimento rapidissimo per mezzo d'una ruota dentata, che s'ingrana in un rocchetto, all'asse del quale è fissato il disco di vetro. Lo strofinamento è prodotto da sei cuscinetti, isolati sovra colonne di cristallo. Raccolgono il fluido altrettante verghe metalliche, munite di punte verso le estremità loro foggiate a cilindri, e sostenute da una fascia metallica, avvolgentesi ad un vaso di vetro, il quale perciò serve ad isolarle. Ad accrescere la forza della macchina, questo vaso isolatore di vetro è armato a guisa di boccia di Leida. — Essendo isolati gli strofinatori ed i collettori, su questi si raccoglie la elettricità positiva, e su quelli la negativa: e tanta è la copia di entrambe, che, al dire del Ridolfi, «stabilito un salto di soli tre pollici fra il conduttore, terminante in una sfera, e proveniente dal sistema strofinatore, ed un'estremità dei cilindri collettori, il passaggio della scintilla è quasi continuo, e ciascuna di queste produce uno scoppio simile alla scarica di un quadro magico d'un'armatura di circa due piedi quadrati. Ciascuna di queste scariche malamente si sostiene da un uomo il meno sensibile; accende la polvere da cannone e la resina; lacera con due fori ben distinti una foglia di stagno, o una carta da giuoco, ed ossida la sottilissima foglia d'oro o di platino ridotta in piccolo nastro, e tenuta fra due lamine di vetro».

La macchina del Novellucci è più potente di quelle immaginate da Matzger, da Hare, e da Wolfram dopo il 1820.

Matzger, parroco a Sckingen, propose di portare a tre il numero dei sistemi strofinatori e dei collettori della macchina elettrica. — L'inglese Roberto Hare diede alla macchina la stessa disposizione di quella del Novellucci: pose cioè il disco e gli strofinatori orizzontali, ed isolò questi ultimi, per raccogliere la elettricità negativa. — Wolfram mutò i dischi e i cilindri in una campana di vetro, della quale si strofinavano entrambe le pareti interna ed esterna.

V. *Bibl. de Genève*, 1823. — *Bullettin de Férussac*, 1824.

Una nuova forma e disposizione furono date recentemente da Winter al conduttore della macchina. — Lo ridusse egli a forma di globo, a cui sono uniti altri due globetti metallici, e due anelli di legno rivestiti di foglia metallica, fra i quali movesi il disco. Sovra questo conduttore applicò un'asta di legno, lunga circa 20 centimetri, e sormontata da un cerchio, di oltre mezzo metro di diametro, e rivestita parimenti di foglia metallica. Questo grande anello deferente accresce la tensione elettrica sul globo, per la ragione che il fluido elettrico si distribuisce sovra due sfere in quantità inversamente proporzionale ai loro diametri.

Sin dai primordi della scienza elettrica fu sentito il bisogno d'un apparecchio destinato a rivelare la presenza dell'elettricità, e a misurarne, almeno grossolanamente, la tensione. — I movimenti di attrazione e di ripulsione, prodotti dai corpi elettrizzati, servirono primi di fondamento alla costruzione degli apparecchi elettroscopici. Allorchè poi si giunse a trarre da corpi elettrizzati la scintilla, altri strumenti si idearono, coi quali, dalla distanza esplosiva della medesima, si argomentava dell'intensità della carica elettrica.

Il primo elettroscopio deve a Gilbert, e componesi d'un ago metallico mobile sovra un sostegno isolante. Esso è tuttavia adoperato nelle scuole, e si confonde talvolta con l'elettroscopio di Häüy, dal quale tuttavia diversifica, siccome vedremo.

Nel 1733 Dufay si servì d'un filo di canape piegato in duo sovra i conduttori isolati, che sottoponeva all'elettrizzazione: giudicando dell'intensità di questo dalla maggiore o minor divergenza dei duo capi del filo.

Nulla di più semplice dello strumento elettroscopico di Dufay: esso tuttavia non poteva ancora meritarsi il nome di elettrometro, ossia di misuratore della intensità elettrica.

Il primo elettrometro fu costruito, nel 1749, dai francesi Darcy e Le Roy. Somigliante nella forma agli areometri, aveva sopra l'asta

Questa macchina è descritta da Müller nel suo *«Ragguaglio dei più recenti progressi della fisica»*. Bericht über die neuesten fortschritte der physik. Brunswick, 1849, tom. I, pag. 16.—V. Majocchi, *Elementi di fisica*, pag. 878.

Infine una macchina elettrica potentissima fu pure ai tempi nostri costruita dall'inglese Armstrong. Alla costruzione di essa diede origine il fatto osservatosi nel 1840, presso Newcastle, che un getto di vapore, uscente da una piccola apertura, accidentalmente fattasi nella valvola di sicurezza della caldaia di una macchina a vapore, era fortemente elettrizzato.

Armstrong vide rinnovarsi lo stesso fenomeno sovra altre caldaie. Isolando una locomotiva osservò, che le pareti di essa apparivano straordinariamente cariche di elettricità negativa, se il vapore, uscente dalla medesima, spogliavasi, sovra un pettine metallico, della sua elettricità positiva. Fece allora costruire la macchina, ch'egli disse idro-elettrica, e la cui descrizione si trova in tutti i recenti trattati di fisica.

graduata un piattello, il quale, allorchè l'istrumento immergevasi nell'acqua elettrizzata, per ripulsione sollevavasi in alto, traendo seco l'areometro, a quel modo che la sfericciuola d'un pendolino elettrico è respinta dai corpi elettrizzati, cui si accosta. La tensione elettrica si desumeva dai gradi per cui innalzavasi la sfera. — Poteva questo apparato riuscire comodo a misurare le forti dosi di elettricità: ma la sua poca mobilità, che lo rendeva quasi inetto a riconoscere le piccole cariche, ne impedì l'adozione ⁽¹⁾.

Più facile si presentava la conversione dell'elettroscopio di Dufay in elettrometro. Supponendo la divergenza dei fili proporzionali alla carica elettrica del corpo, da cui pendono, egli è chiaro, che elettrizzandosi questo, i due fili debbono, per un effetto di mutua ripulsione, aprirsi come le gambe di un compasso. Quindi la misura della intensità elettrica sarebbe data dall'osservazione esatta dell'angolo di divergenza dei due fili. — Per misurare quest'angolo non potevasi applicare presso ai fili un corpo straniero: poichè essi vi si sarebbero gettati sopra, a spogliarsi del fluido elettrico. Perciò il Nollet immaginò, nel 1752, di proiettare sovra i fili la luce di una candela, posta a qualche distanza, dietro un diaframma munito di un'apertura abbastanza grande. Collocato al di là dei fili un altro diaframma bianco e graduato, sovr'esso proiettavansi le ombre dei fili, divergenti fra loro di un angolo uguale a quello, che tra loro facevano i fili stessi elettrizzati. — Niun apparato, a primo aspetto più semplice, più comodo e, soprattutto, più sensibile dell'elettrometro di Nollet. L'autore

(1) V. *Mémoires de l'Acad. des sciences de Paris pour l'année 1749.*

Il Volta ebbe in pensiero di ricorrere all'*arcometro elettrico* di Darcy e Le Roy, per misurare le forti cariche elettriche, sostituendo tuttavia al piattello sovrastante all'asta graduata un'ampia sfera cava, sopravanzante intieramente, sebbene di poco, l'acqua o l'olio, in cui si farebbe pescare la parte inferiore dello strumento. Ben si vede, che questa sfera, a misura che verrebbe spinta dalla ripulsione elettrica, solleverebbesi più in alto, traendo fuori del bagno una tanto maggior porzione della sua asta graduata, quanto l'elettricità sarebbe più intensa.

V. Collez. delle opere del Volta, Firenze, 1858, tomo II, pag. 43.

medesimo tuttavia non lo giudicò atto a dare un'esatta misura delle cariche elettriche: e, ancora molti anni appresso, riconosceva la imperfezione dei metodi adoperati in siffatte ricerche. « Tutto ciò, che a noi si è offerto, egli dice nel VI vol. delle sue *lezioni di fisica*, per misurare l'elettricità, meglio non vale di questi due capi di filo, che pendono dal corpo, che si elettrizza, e che divergono, diventando elettrici insieme al corpo, che li regge. L'angolo, ch'essi fanno, ne dice a nn di presso ciò che dobbiamo pensare della rispettiva loro elettricità: ma ci lascia tuttavia ignorare quale sia de' medesimi la elettricità assoluta. Ma v'ha di più: se il conduttore è una riunione di corpi più o meno elettrizzabili, questi fili ci faranno bensì conoscere, che v'ha più elettricità in uno, che in un altro; ma per ciò stesso, che le diverse parti del conduttore sono suscettive di diverso grado di virtù, quand' anche si conoscesse lo stato dell'uno o dell'altro, si rimarrebbe tuttavia incertissimi nel giudicare della carica elettrica del globo, da cui viene questa loro virtù » (1).

Anche al Waitz venne in pensiero, come al Nollet, di misurare la intensità elettrica dalla deviazione di due leggeri corpicciuoli applicati a fili di seta. Adoperò egli due sottili laminette metalliche, sotto alle quali accostava il corpo elettrizzato (2).

Il giudizio surriferito dall'abate Nollet, rignardava eziandio l'apparecchio di Waitz, non che la modificazione portata da Canton all'elettroscopio di Dufay, ed il metodo da lui proposto per misurare la carica della boccia di Leida. Canton a rendere sensibile la elettricità, quando questa, per debole tensione, non poteva dare la scintilla, appese ad una punta metallica due sottilissimi fili di lino, terminati da sfericcinole di midollo di sambuco, e chiusi entro una scatola. Egli deduceva il grado di tensione dalla varia divergenza dei pendolini (3).

(1) V. Nollet, *Recherches ecc.*, discorso II, pag. 157.

(2) Waitz, *Traité de l'électricité et de ses causes*, § 180 e seg.

(3) Priestley, *Hist. de l'électr.*, tom. I, pag. 372.

A misurare poi la carica d'una boccia di Leida, considerando che questa non si spoglia della sua elettricità, come un conduttore ordinario, ma dà un più o meno grande numero di scintille, prima di perdere la totalità della carica, Canton immaginò, come già altrove fu detto, di poter giudicare dell'intensità dell'elettrizzazione dalla quantità di scintille, che la boccia darebbe prima di essere diselettrizzata. — Ma quantunque si segua l'avvertenza, da lui consigliata, di caricar sempre allo stesso modo la boccia, applicandola cioè alla macchina, e facendo dare alla ruota un ugual numero di giri; non per questo il metodo, ch'egli propose, poteva essere in alcun modo accettato: essendochè la boccia, quando cessa di dare scintille, ritiene tuttavia una parte della carica; ed inoltre l'accumulazione dell'elettricità e la conservazione della medesima nell'apparato di Leida è grandemente mutabile, per ciò che dipende da molte condizioni ⁽¹⁾.

Meglio si giudica della tensione del fluido sulla macchina elettrica, e meglio si misura e si regola la carica d'una batteria con lo *elettrometro a quadrante*, immaginato da Henley, e composto d'un pendolino elettrico, mobile nel centro d'un quadrante d'avorio, unito ad un'asta di legno, che si fissa sulla macchina o sulla batteria. Il pendolino diverge dall'asta a misura, che s'aumenta la tensione elettrica: e, quando questa arriva al suo *maximum*, il pendolino rimane stazionario.

Ad analogo uso Lane immaginò l'elettrometro a *scintilla*, detto altrimenti *spinterometro*, che fu tosto applicato alle macchine a disco, per misurarne la elettrica tensione. Supponendo egli che, più copiosa essendo la elettricità libera in un conduttore, più si estenda a sua volta l'atmosfera elettrica del medesimo, credette di poter giudicare facilmente della tensione del conduttore dalla distanza, alla quale so ne trarrebbe la scintilla. La quale idea vuolsi riconoscere giusta per sè, verissimo essendo che a maggiore elettricità corrispondono più

(1) *Trans. phil.* 1753. — Wilson's, *Essai*, pag. 64.

vive e più lunghe scintillo. Immaginò dunque di eccitarle fra due cilindri metallici, introdotti in ghiere fisse alle due estremità di un tubo di vetro, piegato ad angolo retto. L'uno dei cilindri egli poneva in comunicazione colla macchina elettrica, e l'altro faceva scorrere lungo una scala, divisa in frazioni di linea, accostandolo gradatamente al primo, sino a che balenasse la scintilla. — Ma ognuno vede, che molte cagioni possono farne variare notevolmente la distanza esplosiva, abbenchè la tensione della macchina sia la stessa: tra le quali accenniamo, come principale, il vario stato igrometrico dell'aria. — Si tentò dai due fisici Colardeau e Barbaroux di Marsiglia, di renderne più esatte le indicazioni: col rinchiudere l'apparato in un tubo di vetro, affine di impedire le variazioni d'umidità nell'aria circostante all'apparato medesimo. — Si propose altresì un *pneuma-elettrometro* per misurare la distanza esplosiva della scintilla nei diversi gaz e nel vacuo (1).

Nonostante queste modificazioni lo spinterometro di Lane ha meno pregio dell'elettrometro a quadrante di Henley; onde l'uso di questo ultimo apparecchio dura anche oggidì. — Entrambi poi gli elettrometri di Lane e di Henley non servono a misurar le deboli cariche: per le quali meglio giovano gli strumenti fondati sul principio della mutua ripulsione di due corpi ugualmente elettrizzati. Per ciò si vollero i fisici a migliorare l'elettroscopio di Dufay, già modificato da Canton. Tiberio Cavallo e Saussure sostituirono ai fili di lino due fili metallici, terminati da due sfericciuole di sovero (2). — Bennet, nel 1787, mutò i pendolini in due sottili listerelle d'oro, sospese ad una asta metallica terminante in una sfera o in un piattello (3).

(1) V. Descrizione dell'Elettrometro di Lane nello *Trans. philos.* per l'anno 1767. — V. inoltre *Journal de physique*, settembre 1781. — *Manuel de l'électr.* par Claude Veau Delaunay. Paris, 1809, pag. 66, 83.

(2) *Trans. phil.*, tom. LXX. — Saussure, *Voyages dans les Alpes*. Genève, 1786, tomo II, cap. XXVIII. *Nouvelles recherches sur l'électricité atmosphérique*.

(3) *Trans. phil.*, 1787, pag. 26.

A Tralles di Amborgo, prof. di fisica a Berna, venne in pensiero di surrogare ai fili metallici due peli o due capelli. — Ma non troppo felice era una tale sostituzione, per ciò che difficile riesce il mantenerli tesi e diretti: essi inoltre sono più coibenti, che conduttori; onde a stento riceverebbero e perderebbero l'elettricità, massime trattandosi di debolissime tensioni. Per queste invece riesce a maraviglia lo elettrometro di Bennet, il quale è senza dubbio il più sensibile fra quanti elettrometri si sono immaginati: il perchè Volta propose di denominarlo *micrometro-elettrico*, oppure *micro-elettrometro* (1).

L'istessa modificazione, contemporaneamente al Bennet, veniva introdotta nell'elettrometro di Saussure e di Cavallo dal Vassalli-Eandi, allora prof. di filosofia in Tortona. Egli soleva comunicare prima all'elettrometro un'elettricità nota, avvicinava poscia al piattello il corpo elettrizzato, e giudicava della natura della sua elettricità, identica o contraria a quella già posseduta dall'elettrometro, dal crescere o dal diminuire della divergenza delle fogliette metalliche.

Tutti gli strumenti ora descritti sono chiusi in recipienti di vetro, affinchè i pendolini, o le foglioline d'oro non si muovano per l'agitarsi dell'aria contigua (2).

VII.

Le modificazioni, delle quali siamo venuti finora discorrendo, abbenchè vantaggiose, non miglioravano tuttavia la costruzione degli strumenti elettroscopici, sì da costituirli veri elettrometri, atti cioè a dare la esatta misura della tensione elettrica.

(1) V. Collezz. delle opere del Volta. Firenze, 1838, tom. II, pag. 67.

(2) Dopo l'invenzione delle pile a secco, Bonhenberger costruì un elettroscopio sensibilissimo, che si distingue dal suo nome. Consiste esso in una fogliolina di oro pendente fra due pile a secco, aventi in alto l'una il polo positivo e l'altra il negativo. Toccato il bottoncino metallico, da cui pende la fogliolina, con un corpo elettrizzato, questa si muove accostandosi al polo contrario all'elettricità avuta dal contatto del corpo elettrizzato.

Ad Alessandro Volta debbesi il merito d'aver posto le basi della elettrometria. Egli infatti non solo introdusse ancora notevoli miglioramenti nella costruzione degli elettrometri, ma ridusse questi apparati (ciò che era importantissimo e necessario) ad essere uniformi a se stessi, e comparabili con gli altri. Dal che risultava ancora, che eziandio comparabili si rendevano le osservazioni dai fisici, in qual si voglia luogo, ed in qualunque tempo, eseguite (4).

(4) Alessandro Volta nacque a Como il 18 febbrajo 1746. Insegnò fisica dapprima nel patrio collegio, e poscia per trent'anni nell'Ateneo di Pavia. A lui fu decretata la medaglia d'oro dalla Società Reale di Londra e dall'Istituto di Francia. Napoleone I lo creò conte e senatore del regno d'Italia, e lo scrisse il primo nell'elenco dei membri dell'Istituto italiano di scienze.

Volta morì in Como il 5 marzo 1827.

Tanti onori a lui vennero dalle insigni scoperte ch'ei fece, e dalle opere che egli pubblicò: delle quali torna opportuno il dare qui il titolo:

De vi attractiva ignis electrici ad Joannem Baptistam Beccariam. Dissertatio epistolaris. 18 Aprile 1769.

Notus ac simplicissimus electricorum tentaminum apparatus, seu de corporibus electricis quas sunt idioelectrica experimenta atque observationes. Opusc. stampato nel 1771.

Sull'elettroforo perpetuo. Lettere al padre Campi, al dottor Priestley, al canonico Fromond, al prof. Klinkosch. Dal giugno 1775 al maggio 1776.

Sull'aria infiammabile nativa delle paludi. Lettere al padre Carlo Giuseppe Campi. 1776 e 1777.

Sopra la costruzione di un moschetto e di una pistola ad aria infiammabile. Lettere tre al marchese Francesco Castelli, 1777.

Sopra un nuovo eudiometro. Lettera al dottore Giuseppe Priestley, 1777.

Descrizione dell'eudiometro ad aria infiammabile. Memoria divisa in due parti, e pubblicata nel vol. I degli annali di chimica del Brugnatelli, pag. 171.

Sopra i fuochi dei terreni e delle fontane ardenti. Memoria pubblicata nel tomo VII degli Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti, pag. 321.

Sopra un ignicomo. Risposta al dottor Attilio Zuccagni, pubblicata nel tomo VI del Giornale Pisano, pag. 87.

Osservazioni sul fosforo d'orina, 1778.

Sopra la capacità dei conduttori elettrici. Lettera al sig. Di Saussure nel 1778.

Del condensatore. Memoria letta alla Società Reale di Londra nel 1782.

Della meteorologia elettrica. Lettere nove al prof. Lichtenberg di Göttinga. 1787.

Sopra la grandine. Memoria, la quale fa seguito alla meteorologia elettrica.

Sopra l'aurora boreale. Lettera al dottor Pietro Bondioli.

Sulla maniera di far servire l'elettrometro atmosferico portatile all'uso di un igrometro sensibilissimo. Memoria pubblicata negli atti della Società italiana, 1790.

Il Volta, già chiaro tra i primi fisici del secolo passato per varie ricerche intorno ai fenomeni elettrici, non meno che per l'invenzione dell'elettroforo, del condensatore e dell'eudiometro, di cui sarà altrove discorso, volendo intraprendere osservazioni intorno all'elettricità atmosferica, stimò conveniente innanzi tutto il perfezionare l'elettrometro, che già era stato corretto da Cavallo e da Saussure, siccome

Sul periodo dei temporali ecc. Lettera al prof. Configliachi, la quale fa seguito alle lettere sulla *meteorologia elettrica*.

Sull'elettricità animale. Lettera al dottor Baronio, 1792.

Sull'elettricità animale. Memorie due, 1792.

Account of some discoveries made by M.^r Galvani of Bologna, with experiments, and observations on them. Lettere due a Tiberio Cavallo. Settembre ed ottobre, 1792.

Nuove osservazioni sull'elettricità animale. Pubblicate nel giornale fisico medico del Brugnatelli. Novembre, 1792.

Observationum circa electricitatem animalem specimen. Pubblicate nel giornale di Lipsia. Vol. XXXIV, pag. 685.

Sull'elettricità animale. Memoria, terza al prof. Giovanni Aldini a Bologna. Novembre 1792.

Sulla uniforme dilatazione dell'aria. Memoria. 1793.

Sull'elettricità animale. Nuova memoria esposta in tre lettere al prof. Antonio Maria Vassalli, 1794 e 1795.

Sull'elettricità eccitata dal contatto dei conduttori dissimili. Lettere tre al prof. Gren di Halle, 1796.

On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds. Lettera a sir Banks, presid. della Società Reale di Londra' 20 Marzo 1800.

Sopra alcuni fenomeni chimici ottenuti col nuovo apparecchio elettrico. Lettera al prof. Brugnatelli, 1800.

Sopra gli elettro-motori. Lettera a I. C. De la Métherie, 1801.

Sull'identità del fluido elettrico col fluido galvanico. Memoria divisa in due parti, 1801.

Sopra alcuni fenomeni chimici. Lettera al prof. Brugnatelli, 1802.

Sopra l'applicazione dell'elettricità ai sordi e muti. Lettera al medesimo, 1802.

Sopra esperienze ed osservazioni da intraprendersi sulle torpedini. Lettera al prof. Configliachi, 1803.

Réponse aux observations de Nicholson sur ma théorie. Ai redattori della Biblioteca Britannica. Vol. XIX, pag. 274.

Sull'insussistenza della genesi del clorino e dell'alcali nell'acqua sottoposta all'azione degli elettrometri.

quello strumento, egli dice, che oltre al scrivere eccellentemente a varie delicate ed istruttive esperienze di elettricità artificiale, si rende assai più raccomandabile per l'uso prestantissimo nelle osservazioni di elettricità naturale.

Ad esplorare lo stato elettrico dell'atmosfera, non appena Franklin pubblicava le sue idee relative all'identità del fulmine e della scintilla, si impiegarono apparecchi di varia costruzione. Primi tra questi accenniamo le aste metalliche, acuminate e drizzate sulle parti più alte degli edifici, che il Volta disse *conduttori atmosferici*, e si potrebbero eziandio denominare *Frankliniani*, perchè immaginati da Franklin, tuttochè ad usarli sia stato primo il Dalibard. Da queste sbarre partono dei fili metallici isolati, i quali conducono l'elettricità nel luogo, dove poi vuolsi esaminare. Ad isolare convenientemente questa sbarra, la si colloca sopra un ombrello metallico, sorretto da un bastonc di vetro intonacato di cera lacca, affine di renderlo meglio isolatore. A quest'ombrello si attacca il filo, che deve condurre l'elettricità al luogo dell'osservazione. Generalmente all'estremità di questo filo si adattano dei campanelli, i quali, col loro suono, accennano lo elettrizzamento della sbarra e del filo, con cui sono in comunicazione. Di più, per guarentigia degli osservatori, si colloca presso l'estremità inferiore del filo conduttore il *filo di salute*, che è un filo metallico, il quale discende, senza interruzione, nel suolo, e in esso si sprofonda.

Il Beccaria, invece delle spranghe, immaginò di tendere dei fili metallici. Questi fili tesi si componevano di tre parti: del *filo esploratore*, ch'egli usava lungo all'incirca 100 piedi e sottile, perchè fosse più atto a raccogliere la elettricità atmosferica; del *filo deferente*, il quale conduceva l'elettricità nella camera di osservazione; e finalmente dell'*apparecchio indicatore*, il quale consisteva in punte metalliche, ovvero in fili di lino, od in altro qualsivoglia elettrometro, secondo che volevasi esplorare la elettricità per mezzo dei fenomeni del

fiocco e della stelletta, oppure delle attrazioni e ripulsioni. — A quest'apparecchio univasi pure il filo di salute (1).

I fili metallici tesi del Beccaria accennano bensì la presenza della elettricità nell'atmosfera, quando essa vi si trova in notevole copia, ma sono poco sensibili nel caso di una debole tensione. Lo stesso vuolsi dire, a maggior ragione, dei conduttori di Franklin, difficilissimi ad isolarsi bene, e non abbastanza elevati.

Oltre questi apparati *permanenti*, se ne immaginarono degli altri *temporari*. Tra i quali è primo il *cervo volante*, adoperato da Franklin e dal De Romas nel 1752, e quindi dal Beccaria nel 1757, dal Cavallo negli anni 1775, 1776 e 1777, e da più altri fisici (2). — Dai cervi volanti, detti altrimenti *aquiloni elettrici*, se la funicella è abbastanza conduttrice, si ottengono, negli elettrometri, cui vanno uniti, segni elettrici anche a cielo sereno: e se vengono scagliati a sufficiente altezza, si traggono scintille, e se n'ha perfino la scossa, a cagione della grande lunghezza, e conseguentemente della molta capacità del filo conduttore. — Se non che i cervi volanti adatti a queste sperienze, quando spira un vento moderato, sono pericolosi durante i temporali, e inutili quando l'aria è affatto tranquilla; mancando loro la forza per sollevarsi in alto.

Queste riflessioni condussero il Beccaria ad immaginare l'impiego dei *razzi*, adoperati nell'arte pirotecnica. Ei li soleva scagliare da luoghi elevati, munendoli d'un filo umido, ch'era raccolto entro un alto vaso di cristallo in tanti giri circolari, facili a svolgersi. Attaccava all'estremità di questo filo un corpicciuolo conduttore, per es. un filo di lino, pendente fuori del vaso, il quale, co' suoi movimenti, mostrava se il razzo, salendo nell'aria, si elettrizzasse. — Di questo mezzo si

(1) Beccaria. *Dell'elettricismo*. Lettere al Beccari di Bologna, 1758. Lett. IX, pag. 134.

Dell'elettricità terrestre atmosferica a cielo sereno, pag. 3.

(2) Beccaria. *Dell'elettricismo*. Lettera VIII.

servì pure nelle sue sperienze il valente elettricista piemontese Gardini, discepolo del Beccaria ⁽¹⁾. — L'uso dei *razzi elettrici* è ora presso che abbandonato, perchè più incomodo degli altri mezzi di esplorazione dell'elettricità atmosferica.

Per queste indagini si proposero eziandio i *globi areostatici* fatti con pellicola d'intestini di bue, e ripieni di gaz idrogeno, tenuti prigionieri a mezzo d'un filo metallico, comunicante per l'estremità inferiore con uno scampanio, o con un elettrometro. — Di questo mezzo di esplorazione si giovarono Lichtenberg di Gottinga, ed il francese Bertholon. Anch'essi Biot e Gay-Lussac lo impiegarono nella memorabile ascensione del 1804. — Sono tuttavia gli *areostati elettrici* raramente adoperati, specialmente perchè lunga e costosa ne è la preparazione.

VIII.

I deboli, e poco frequenti segni di elettricità, che si ottenevano, come osserva il Volta, cogli ordinari *conduttori atmosferici*, anche più elevati; il riuscire essa la maggior parte dei giorni, e in quasi tutte le ore insensibile del tutto, o quasi, (a meno di ricorrere ai *cervi volanti*, non servibili in ogni tempo e sempre incomodi; ovvero ai *razzi* del padre Beccaria, più imbarazzanti ancora; o ai *palloni areostatici*, di più difficile e costosa preparazione); ecco le cagioni, per cui ben pochi fisici hanno avuto, o la voglia di intraprendere simili osservazioni, o la costanza di seguirle, come conveniva. In vero: dopo che Franklin scuoprì la elettricità delle nubi temporalesche, e trovò il mezzo di preservarci dai danni del fulmine; e dopo che il Lemonnier, facendo un passo più innanzi, riconobbe l'elettrizzamento dell'aria serena, ben si può dire, che per oltre vent'anni solo rimase il

(1) Beccaria. Id. id. — Gardini. *De influxu electricitatis atmosphaericae in vegetantia*.

padre Beccaria a perlustrare il campo, d'altronde vastissimo, della meteorologia elettrica. E forse più che altro, furono e l'esempio di lui, e le sue belle scoperte, di eccitamento al Cavallo, al Saussure, e segnatamente al Volta, a rivolgere i loro studi a questo giovane ramo di elettricità, dal quale già potevansi, dopo le sperienze del Beccaria, ragionevolmente ripromettere buona copia di ottimi frutti.

Cavallo e Saussure pensarono dapprima a sostituire, agli apparati esploratori permanenti e temporari dell'elettricità atmosferica, degli apparecchj portatili, acconci ad esplorare lo stato dell'aria in qual si voglia luogo e tempo: e vi riuscirono costruendo degli elettrometri, i quali riuniscono i due pregi della sensibilità e della comodità.

Cavallo formò il suo elettrometro con due pendolini, le cui sfericciuole sono fra loro quasi a contatto, e i fili, che li reggono, pendono verticali e fra loro paralleli. Questi fili sono sospesi ad una verghetta metallica, assicurata con mastice ad una boccetta quadrangolare, a fondo mobile e di metallo, e terminante esteriormente in un globetto d'ottone, che dicesi il *cappello* dell'elettrometro. La divergenza dei due pendolini, prodotta dall'elettricità, si misura sopra un arco graduato. Dirimpetto alle palline, sulle due pareti, sono incollate due listerelle di stagnuola, oppure s'invalzano dal fondo della boccetta due colonnette metalliche, contro le quali, nel caso di eccessiva divergenza, si scarica il fluido dei pendolini, e si impedisce così la comunicazione del medesimo alle pareti del vetro, onde verrebbero alterate le indicazioni dell'esperienza. — Si diede a questo piccolo apparato il nome di elettrometro a boccetta, e dall'autore fu denominato elettrometro atmosferico portatile, per l'uso principale a cui fu destinato.

De Saussure rese anche più sensibile l'elettrometro di Cavallo, sostituendovi due fili metallici, terminati da sfericciuole di midollo di sambuco, ed avvitando sul cappelletto, formato d'una capsula rovesciata, una sottile verga metallica, acuminata, della lunghezza di due

piedi. — Piccola aggiunta fu per sè quest'ultima, fatta dal Saussure nel 1785, ma tuttavia importantissima, pel gran vantaggio, che ne procura, di poter esplorare l'elettricità atmosferica a cielo sereno, a qualsiasi ora del giorno e della notte, e in qualunque luogo sufficientemente aperto; e di poter quindi seguitarne, con assidue regolari osservazioni, il periodo giornaliero, ed ogni altra modificazione e vicenda.

Infatti quest'elettrometro dà segni di elettricità, appena lo s'innalza alquanto nell'aria. Basta infatti un'elevazione di tre decimetri per ottenere nei due pendolini una divergenza di venti gradi.

Talvolta a riconoscere lo stato elettrico dell'atmosfera, Saussure, modificando il metodo degli *aquiloni* e dei *razzi elettrici*, lanciava pure verticalmente colla mano una sfera di rame, fissa all'estremità d'un filo metallico, il quale, per l'altro suo capo, era legato ad un anello scorrevole lungo il conduttore dell'elettrometro. Dalla deviazione dei pendolini giudicava dello stato elettrico dell'aria all'altezza, a cui era giunta la sfera (1).

Oltre la serie delle sue sperienze, osserva il Volta, egli è per mezzo del suo elettroscopio così sensibile, e così facile a maneggiarsi (a differenza di quelli, di cui erasi fin allora fatto uso, molto imbarazzanti, dispendiosi, e con tutto questo meno sensibili e più incerti) egli è per mezzo di quello strumento tascabile, che Saussure efficacemente contribuì ai progressi della meteorologia elettrica. E non è a maravigliarsi, egli soggiunge, se mancando prima i mezzi, o questi riuscendo quando incomodi grandemente e malagevoli, e quando insufficienti, siasi molto rimasti addietro nelle osservazioni dell'elettricità atmosferica, non già di quella strepitosa de'temporali, che pur

(1) De Saussure. *Voyage dans les alpes*. Genève, 1786. Tom. II, cap. XXVIII. *Nouvelles recherches sur l'électricité atmosphérique*.

L'apparecchio di Saussure fu recentemente perfezionato dal francese Becquerel, all'occasione di esperienze fatte sul S. Bernardo, sostituendo alla sfera una freccia lanciata nell'atmosfera con un arco fortemente teso. Un filo di seta, ricoperto di filo d'oro, lungo 80 metri, era fisso per un capo alla freccia, e comunicava per l'altro con l'asta di un elettrometro a paglia.

pure si osservava, ma dell'altra moderata e blanda, che domina in ogni tempo, e di cui c'importa forse più di conoscere gli andamenti e le vicende; e se ben pochi tra i fisici si sono dati a queste osservazioni; e più pochi ancora le hanno proseguite indefessamente, prima che il Cavallo inventasse il suo elettrometro atmosferico portatile, anzi prima che Saussure vi facesse la preziosissima aggiunta della verghetta metallica.

IX.

La grande facilità di sperimentare cogli accennati elettrometri, e le belle osservazioni fatte dal Saussure, invogliarono il Volta a ripigliare le sue sul principio del 1787.

Egli vide dapprima la possibilità e la utilità di ulteriori modificazioni negli elettrometri. Pensò il Volta di cambiar forma e materia ai pendolini dell'elettrometro di Saussure, sopprimendo le pallottole di midollo di sambuco o d'altro, e sostituendo ai fili metallici sottilissimi due nude paglie, lunghe circa due pollici, e della grossezza di un sesto circa di linea, le quali, sospese per mezzo di anelletti mobilissimi, pendono contigue o quasi contigue, secondo tutta la lunghezza. — Le pagliette offrendo maggior superficie dei fili, si repellono meglio, e divergono, per uguali gradi di elettricità, assai più. — Inoltre una minima loro divergenza si rende più facilmente osservabile, perchè tutta la linea del loro contatto, o quasi contatto, cade sott'occhio. — Infine essendo esse poco conduttrici, possono sostenere una tensione di 10, 12 linee, senza dissipare per le loro punte l'elettricità, sostenendosi salde a tal divergenza, quand'è asciutto anche l'esterno della boccetta, per un tempo notabile. — In proposito di questa modificazione, dice Arago nella biografia del Volta, che « essa parrebbe senza importanza, se non si dicesse, che il nuovo elettrometro possiede esso solo la proprietà preziosa ed inaspettata di presentare, fra 0.° e 30.°

delle deviazioni angolari esattamente proporzionali alle tensioni elettriche ».

Il Volta conservò quadrata la forma della boccetta del suo elettrometro a paglie, e le diede un'ampiezza di circa due pollici. Una boccetta più piccola, dice egli, serve eziandio; ma torna buona soltanto per piccole deviazioni; giacchè i pendolini non possono aprirsi nè di 24.°, nè per avventura di 20.°, se la boccetta abbia solo quattordici a diciotto linee di larghezza, senza essere portati a gittarsi sovra le pareti della medesima, le quali, per essere vicine, li attraggono fortemente. Neppur conviene una boccia larghissima, nascendone un altro inconveniente; ed è, che ove diffondasi un poco di elettricità nell'aria di tal boccia, vi si mantiene per qualche tempo, non valendo ad involargliela tosto, le fascie metalliche, di cui sono vestite le interne pareti, appunto perchè troppo distanti. Ora una tale elettricità, che dura un tempo notabile nell'aria circondante i pendolini, agisce sopra di essi, ne turba il movimento, ed i segni diventano equivoci.

La scala dell'elettrometro è applicata ad una delle faccie piane della boccetta, ed è fatta ad arco di circolo, avente la lunghezza dei pendolini per raggio. Il Volta soleva costruire la scala con una listerella di carta, su cui segnava i gradi con sottili tratti di penna, distanti una mezza linea giusta un dall'altro, e tutti convergenti al centro dell'arco circolare.

Così composto l'elettrometro, sembrava che più non potesse ricevere guari importanti modificazioni. Tuttavia il Volta studiandosi, nelle sue sperienze atmosferiche, di rendere sempre più obbediente l'istrumento, ed atto a contrarre viemeglio la elettricità dello strato d'aria, a cui s'innalza la punta del suo piccolo conduttore, ricorse al più strano degli spedienti; adattò alla punta di Saussure un candelino, od anche semplicemente un solfanello od una miccia accesa. — Già sapevasi dalle sperienze di Waitz e di Jallabert essere la fiamma un eccellente conduttore dell'elettricità: ma questo, siccome osserva

Arago, non doveva allontanare il pensiero di impiegarla come potenza colletttrice?

Una tale aggiunta, fatta nell'inverno del 1787, è anch'essa piccola cosa, considerata in sò, non altrimenti che piccola è parsa l'altra della verghetta metallica di Saussure; e tuttavia fu, non meno di questa, vantaggiosa. Infatti quanto all'accresciuta sensibilità basti il dire, che dall'alzare l'elettrometro atmosferico, armato della sua asta metallica, alla foggia di Saussure, e dall'alzarlo, con di più un moccolino od un solfanello accesi in cima di tal asta, alla maniera del Volta, osservavasi una differenza di più del doppio, e quasi del triplo, nelle deviazioni delle pagliette (1).

X.

Ma il merito maggiore del fisico Italiano vuolsi riconoscere in ciò, ch'egli rese fra loro comparabili le indicazioni dei differenti elettrometri.

A quel modo che varie forme di apparati termometrici s'impiegano a misurare le diverse temperature, ricorrendo cioè per le più elevate ai pirometri, per le medie ai termometri, e per le minime ai termoscopi, così il Volta divise gli elettrometri in tre classi, proponendo lo *spintrometro* di Lane per la elettricità scintillante; l'*elettrometro a quadrante* di Henley per quella appena scintillante; e l'*elettrometro a foglie d'oro* di Bennet, od a *filì* di Saussure per le tensioni elettriche minori (2).

(1) Dopo la scoperta dell'elettro-magnetismo (1820) si immaginarono altri mezzi di esplorazione dell'elettricità aerea. Colladon fu il primò a proporre l'uso del galvanometro, adottato poscia da Peltier, il quale faceva comunicare uno dei fili galvanometrici col suolo, ed innalzava l'altro nell'atmosfera. — Ma Peltier non riuscì ad ottenere, a cielo sereno, delle deviazioni nell'ago. Al quale risultato riferisce Zantedeschi d'essere arrivato col suo *elettro-magnetometro*.

V. *Ann. de chimie et de physique*, tom. XXXIII, pag. 72.— Becquerel. *Traité d'electr.*, tom. IV.— Zantedeschi. *Trattato di fisica*, vol. III, parte II, pag. 432.

(2) Il Zantedeschi nel suo trattato di fisica dà un accuratissimo riassunto delle ricerche del Volta intorno alla comparabilità degli elettrometri.

V. vol. III, parte I, pag. 75 e seg.

Cercò egli pertanto di renderli uniformi e paragonabili fra loro: e perciò imprese dapprima a modificarne la costruzione, per aumentarne la relativa sensibilità. Dei miglioramenti da lui apportati all'elettrometro di Saussure già abbiám detto. — Nello spinterometro ne terminò i cilindri con due sfere del diametro di un pollice, e ne misurò la distanza sopra una scala divisa in linee parigine. — Nell'elettrometro di Henley adattò ad un filo metallico, della lunghezza di dieci linee, una paglia di media grossezza, lunga quattro pollici, ben dritta, munita inferiormente d'una sfericciuola di sambuco, del diametro di circa tre linee, e mobile fra due semicircoli di legno, per evitare la repulsione laterale, che soffre la paglia da un solo, e la rende meno libera nel suo movimento. L'uno dei semicircoli ha un raggio di due pollici, e l'altro è un po' minore, affinchè non si cuoprano l'un l'altro. Li graduò entrambi ponendo lo zero al punto più basso presso l'asta, e 90.° alla metà di ciascun semicerchio. Nell'asta, che sostiene i semicircoli graduati, praticò un'incavatura atta a ricevere la sfericciuola di sambuco, affinchè la paglietta fosse disposta parallelamente all'asta. A questa colonnetta finalmente unì una verghetta metallica destinata a porre l'elettrometro in comunicazione coi conduttori, che si vogliono elettrizzare.

Rimanevano a stabilirsi le basi della graduazione dei semicerchi. A punti fissi il Volta scelse lo 0.°, che è il punto di niuna elettricità, ed il 35.°, punto a cui s'innalza il pendolino per l'azione di una quantità di elettricità nota, sempre che la sfericciuola, la paglia ed' il filo metallico abbiano le dimensioni accennate. A determinare questo punto fisso, si adatta ad una bilancia sensibilissima un piattello metallico di cinque pollici di diametro con cordoncini di seta, sovrapposto, a distanza di due pollici, ad un piano conduttore comunicante col suolo. Quindi si carica l'opposto bacinetto della bilancia di un peso di dodici grani, sorreggendo la bilancia, perchè non trabocchi. Frattanto con replicate sperienze si elettrizza un corpo per modo, che la elettricità

comunicata al piattello, abbia la forza giustamente necessaria a far traboccare la bilancia per la tensione che esercita. Quest'è la forza attrattiva, che si adopera per ottenere una deviazione, che si nota sul quadrante col numero $35.^{\circ}$ — E si divide l'intervallo compreso fra $0.^{\circ}$ e $35.^{\circ}$ in parti uguali, proseguendosi la divisione anche al disopra di questo punto.

Ma con tutto ciò il movimento di deviazione del pendolino non è equabile e regolare: e i gradi equidistanti dell'elettrometro non indicano esattamente i veri gradi di elettrica tensione. Nei primi movimenti, e fin verso i $10.^{\circ}$ del quadrante, il pendolo, troppo immerso nella sfera di ripulsione elettrica e dell'asta, lungo cui pende, e del semicerchio graduato, muovesi meno di quanto dovrebbe; dai $10.^{\circ}$ sino circa ai $25.^{\circ}$ si innalza con sufficiente regolarità; comincia poscia a scemare di nuovo la sua progressiva elevazione, per ciò che alla forza, che lo innalza (indipendentemente dalla ragione meccanica, per cui gli archi de'pendoli crescono meno che le forze motrici) un'altra forza si oppone, che tende ad abbassarlo, proveniente dalla parte della colonna sovrastante al punto di sospensione del pendolo stesso. Questa opposizione di forze va crescendo con l'accostarsi del pendolino ai $90.^{\circ}$, al quale punto tuttavia non arriverebbe, che spintovi da una forza elettrica infinita.

Per le anzidette ragioni non sono i gradi dell'elettrometro di Henley paragonabili fra loro. Quindi il Volta cercò di renderli tali per mezzo di molte diligentissime prove sperimentali, dirette a comporre una tavola numerica, esprimente le correzioni da farsi alle indicazioni dell'elettrometro. Pensò dappoi a rendere similmente comparabili fra loro l'elettrometro di Henley e lo spinterometro di Lane. Collocando le due sfere di questo successivamente a diverse distanze, e misurando ad un tempo la tensione in gradi corretti dell'elettrometro, riconobbe, che se le distanze esplosive non sono, a tutto rigore, in ragione diretta semplice delle deviazioni del pendolino, le quali sono un

po' minori di quelle, la differenza tuttavia ne è così piccola, che per distanza di poche linee si può ammettere, senza errore apprezzabile, l'accennata ragione diretta; poichè una differenza sensibile incomincia a manifestarsi solo a distanze maggiori di due a tre linee. — Entro questi limiti il Volta riconobbe, che un grado dell'elettrometro di Henley corrisponde alla tensione di una scintilla, che esplode alla distanza di un decimo di linea, nello spinterometro di Lane. Per tal modo i due strumenti si resero dal Volta comparabili fra loro.

Restava da ultimo che l'elettrometro a paglia si rendesse paragonabile coi sovraccennati. Può sembrare innanzi tutto che l'elettrometro del Volta non possa riuscire uniforme a se stesso, ossia dar gradi fra loro uguali e paragonabili, perchè la forza, che richiama alla posizione verticale i pendolini, che ne furono dalla ripulsione elettrica discostati, cresce col crescere del seno dell'angolo di elevazione; ma se d'altronde si riflette, che le pagliette, nel discostarsi vieppiù dalla verticale, si accostano alle pareti, dalle quali sono attratte, s'intende come la divergenza delle pagliette possa e debba essere uniforme. Oltre a ciò il Volta ha sperimentalmente riconosciuto, che per tensioni doppie, triple, quadruple ecc. le deviazioni erano pure doppie, triple, quadruple; e così avveniva del pari per tensioni ridotte alla metà, al terzo, al quarto della primitiva. Il Volta pertanto conchiuse che il suo elettrometro era uniforme a se stesso, siccome già più sopra fu detto.

Nè solo regolare nelle proprie indicazioni, ma comparabile eziandio cogli altri, è l'elettrometro a paglia. Il Volta infatti riconobbe con molte sperienze, che 10.° di esso corrispondono ad un grado di quelli di Henley, 20.° a due, e così di seguito. Anzi variando la grossezza delle paglie, ed acconciamente riempiendole di fuscellini, diede loro tale peso, che 2.° di loro deviazione corrispondessero ad un grado di Henley. Per vedere poi se anche questi suoi due elettrometri fossero tra loro comparabili, ne congiunse i cappelletti con un filo metallico,

sicchè formassero un solo conduttore: indi li elettrizzò così, che il più sensibile notò 20.°, e per ciò 4.° il meno sensibile. Lasciando poscia che liberamente da sè la elettricità loro si disperdesse, vide che quando il primo era a 15.°, a 10.°, a 5.°, il secondo era rispettivamente a 3.°, a 2.°, a 1.° Erano dunque eziandio questi due elettrometri paragonabili fra loro.

Altri di siffatti istrumenti, più sensibili ancora, e pur sempre paragonabili, compose il Volta, coi quali giunse a misurare la tensione elettrica sino ad $\frac{1}{100}$ di linea.

Ampia ragione pertanto egli aveva di conchiudere la esposizione delle sue ricerche con queste parole: « che cosa mai può desiderarsi di più in genere di delicatezza e di comparabilità da uno strumento fisico? Chi avrebbe creduto che a tal segno potesse giungere l'elettroscopio, onde meritarsi, a giusto titolo, il nome di *elettrometro*? E che tale divenisse per una costruzione così semplice »?

« Ma si dirà forse, che per la perfezione di tale istrumento non basta che sieno perfettamente uguali e comparabili tra di loro i gradi d'uno stesso elettrometro; ma che debbano essere paragonabili quelli di uno con quelli di un altro, costruito secondo i medesimi principi, che debbano insomma potersi fabbricare da qualsivoglia artefice e dovunque, in modo da riuscire perfettamente d'accordo, e, diciam così, *unisoni*, come unisoni si costruiscono i termometri. Il che pare nella pratica assai difficile ad ottenersi, per ciò che si richieggono tante cose perfettamente uguali ». — A queste obbiezioni risponde il Volta, che le difficoltà in gran parte svaniscono, adoperando paglie grosse un sesto di linea o poco più, aventi una discreta mobilità di sospensione, e della lunghezza di due pollici parigini, e stabilendo la distanza dei gradi a una mezza linea. Infatti secondo tali norme si costruiscono elettrometri presentanti, nelle loro indicazioni, delle differenze così lievi, da potersi trascurare.

XI.

Riassumendo pertanto il sin qui detto, vediamo che a misurare la varia intensità delle cariche elettriche il Volta propose quattro elettrometri diversamente sensibili, e tuttavia comparabili fra loro: cioè lo spinterometro per la elettricità scintillante; — il quadrante elettrometro per l'appena scintillante, nel quale una indicazione di 40.° corrisponde alla tensione della scintilla, che scocca alla distanza di una linea nello spinterometro; — l'elettrometro a pagliette pesanti per l'elettricità non scintillante, e due gradi del quale corrispondono ad uno in quello di Henley; — finalmente l'elettrometro a pagliette leggere, per l'elettricità assai debole, e nel quale, una deviazione di 40.° equivale ad una di 2.° di quello a paglie pesanti, e di 4.° in quello di Henley. — Con questi quattro apparecchi si può misurare la tensione della elettricità ad 4 linea, ad $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{100}$ di linea: essi quindi bastano largamente per tutte le sperienze della elettrometria. Non tralasciò nullameno il Volta di consigliare ai fisici, all'uopo di misurare una elettricità straordinariamente forte, un altro istrumento proposto dal De-Luc, e da lui detto *megametro elettrico* ⁽¹⁾. E perchè più nulla si avesse a desiderare, aggiungeva ancora il *micrometro elettrico* di Bennet per le tensioni elettriche debolissime.

Cadrebbe pur qui in acconcio di parlare dell'*elettrometro condensatore*, immaginato dal Volta, per raccogliere e rendere sensibili le tenuissime dosi di elettricità. Ma di questo e d'altri istrumenti, e da lui e da altri fisici inventati, discorreremo altrove.

Queste ricerche elettrometriche furono esposte dal Volta nelle sue lettere di meteorologia elettrica, indirizzate al prof. Lichtenberg di Gottinga, e segnatamente nella prima di esse ⁽²⁾. — Noi abbiamo

(1) Il *megametro elettrico* è lo stesso quadrante-elettrometro di Henley, reso un po' più pesante. — V. De-Luc. *Idées sur la météorologie*.

(2) V. Collezione citata, tom. II.

voluta darne un ragguaglio particolareggiato, perchè a far ciò ne consigliava la intrinseca loro importanza, ed eziandio la opportunità di far tosto conoscere, come in quest'uomo straordinario, di cui l'Italia e il mondo si onorano; al genio della invenzione si accoppiasse, in modo veramente meraviglioso, la virtù dello sperimentare. Nel quale giudizio ci confermano le parole, sotto ogni rispetto, autorevoli di Arago: il quale, parlando della prima delle lettere testè accennate, dice « ch'essa inizia nell'arte dello sperimentare. Essa mostra a diffidare delle prime osservazioni; a variare continuamente la forma degli apparecchi. E se taluni, dall'immaginazione impaziente, venissero tentati ad abbandonare la via lenta, ma certa, della osservazione, per correr dietro a sogni seducenti e fantastici, forse sarebbero su questo terreno sdruciolevole trattenuti dal vedere un uomo di genio discendere alle più minute particolarità dell'arte sperimentale ».

XII.

A compiere la enumerazione degli elettrometri dobbiamo aggiungere quelli che furono, posteriormente al Volta, immaginati da Ellicot e da Cuthberson e dal francese Coulomb.

L'elettrometro dei fisici Ellicot e Cuthberson consiste in un cilindretto metallico, mobile, a guisa di asta di bilancia, sopra una colonna isolante, terminato da due sfere, pur esse metalliche, avente uno dei suoi bracci graduato, sul quale si adatta un corsoio, che può trasportarsi a varia distanza dal centro del moto. La sfera unita a questo braccio s'appoggia ad altra sfera metallica, portata da un braccio fisso alla colonna della bilancia. Sotto la sfera dell'altro braccio, e a distanza di quattro pollici, trovasi una sfera isolata, la quale può tuttavia mettersi in comunicazione col suolo. Unità la parte superiore della colonna al conduttore della macchina elettrica, si manifestano ad un tempo una ripulsione fra il braccio graduato e la

sfera sottoposta, ed un'attrazione fra il braccio non graduato ed il globo sottostante; le quali, cospirando a dar moto alla bilancia nel medesimo senso, vincono lo sforzo contrario del corsoio, fanno abbassare la bilancia dalla parte del braccio non graduato.

La distanza del corsoio dal centro del moto indica in questo apparato la tensione dell'elettricità. Ma perchè tali indicazioni siano esatte, osserva giustamente il prof. Belli nel suo *corso di fisica*, che crescendo le tensioni secondo la serie naturale dei numeri, crescono e l'attrazione e la ripulsione come i quadrati di questi numeri, e perciò eziandio come i quadrati debbono crescere le distanze del corsoio dall'asse, perchè vi sia equilibrio. Quindi ad avere nei numeri della scala graduata la indicazione delle tensioni, vuolsi segnare 1, 2, 3, ecc. alle distanze 1, 4, 9, ecc. (1).

La bilancia elettrica di Coulomb si compone di una sottilissima asta orizzontale di gomma lacca, terminata da una parte da un piccolo disco di foglia metallica, e sospesa orizzontalmente ad un filo finissimo d'argento o d'altra materia. Questa bilancia è custodita entro una campana di vetro, prismatica o cilindrica, graduata sul fondo o sulle pareti laterali. Il coperchio di questa ha un foro laterale per cui s'introduce il corpo elettrizzato, o nel quale è già posto un cilindretto metallico, terminante in due sfere, ed al quale si accosta il corpo elettrizzato. Il coperchio ha inoltre un foro centrale, da cui si innalza un tubo alto poco più di 20 centimetri, portante superiormente un micrometro, e dalla cui sommità pende il filo del bilanciere.— Dalla deviazione angolare del disco metallico, dopo l'accostamento del corpo elettrizzato, si giudica della tensione (2).— Con questo sensibilissimo apparecchio Coulomb istituì le sue più belle ricerche elettriche e magnetiche, delle quali parleremo diffusamente altrove.

(1) Belli. *Corso elem. di fisica speriment.*, vol. III, pag. 500.

(2) V., per una più dettagliata descrizione di questo delicatissimo apparecchio, i trattati di De la Rive, Jamin, ecc.

Dei vari mezzi di eccitamento dell'elettricità ne' corpi. — Delle azioni meccaniche. Risultati delle sperienze di Canton, di Wilson, di Bergman, di Wilke, di Beccaria, e di Coulomb relative al modo di elettrizzazione de' corpi per attrito. — Sperimenti di Epino e del Volta intorno alla pressione ed alla percussione; del Cavallo e del Volta sull'abrasione. — Delle azioni calorifiche. Ricerche di Epino, di Canton, di Bergman e di Priestley sull'elettricità della tormalina. — Giudizi del Beccaria e del Volta sull'origine dell'elettricità, che si svolge nella fusione de' corpi. — Delle azioni chimiche; indagini e sperienze del Volta.

I.

La storia delle scienze ad ogni passo ne mostra come sia lento e difficile l'ordinamento delle umane cognizioni, e quante volte s'abbia a rifare la via nell'esame delle idee e dei fatti, prima che essi, logicamente ordinati e dedotti, siano definitivamente conquistati alla scienza. Di questa verità porgono frequentissime dimostrazioni le discipline naturali considerate nei diversi stadi del loro esplicamento. Tra queste poi la elettricità, nel complesso delle sue dottrine, non meno che nei fatti sperimentali, che primi rivelarono all'uomo la esistenza e la efficacia del nuovo fluido, ne somministrano un'evidentissima prova. Invero, tacendo per ora della cagione, onde muove lo stato elettrico dei corpi, rispetto alla quale sono tuttavia divise le opinioni dei fisici, si esaminino soltanto qui il fenomeno generale dell'elettrizzazione in se stesso.

Gilbert e, dopo di lui, gli elettricisti del secolo XVII, dimostrarono convenire a più altri corpi la singolare proprietà da Talete riconosciuta nell'ambra. Essi accennarono eziandio ad alcune alterazioni

che, per accidenti esterni, s'inducono ne' corpi elettrizzati. Nella prima metà del secolo XVIII Stefano Grey, distinguendo i corpi in conduttori e non conduttori, stabilì il principio generale della elettrizzabilità di tutta quanta la materia ponderabile, e Carlo Dufay scuoprì il diverso modo di elettrizzamento del vetro e del solfo, strofinati con lo stesso pannolano. Egli riconobbe altresì, che la proprietà elettrica del vetro e del solfo era comune a molte altre sostanze: le quali perciò si classificarono in due grandi categorie; secondo che le medesime per l'attrito acquistavano la elettricità identica a quella del vetro, oppure del solfo e delle resine. — Or bene: la scoperta di Dufay, bella d'altronde e relevantissima, come altrove fu detto, generò tuttavia un errore assai grave intorno al giudicare dello stato elettrico, che nei diversi corpi si ottiene per lo strofinamento. Infatti, siccome osserva Priestley, insino all'epoca di Franklin, la stessa specie di elettricità erasi costantemente ottenuta con lo stesso corpo elettrico. Lo strofinamento del vetro e della ceralacca aveva sempre eccitato in quello il fluido vitreo, in questa il resinoso: onde stimarono i fisici che una sì fatta maniera di elettrizzamento dei corpi costituisse una proprietà essenziale, e, quasi dissì, caratteristica dei medesimi. Tanto unanime ed universalmente accettato era questo giudizio, che lo sprigionare elettricità resinosa dal vetro, od elettricità vitrea dalle resine, sarebbero riputati il maggior paradosso. Imperocchè sebbene s'ignorasse tuttavia come la elettrica materia si diffondesse dal corpo strofinante nel vetro strofinato, e come per l'opposto dalla ceralacca il fluido trapassasse nel corpo strofinante, il duplice fatto ritenevasi, ciò non ostante, invariabile, e tanto meno potevasi concepire il sospetto, che possibile fosse una modificazione contraria.

Debbesi a Canton il merito d'aver dimostrata la erroneità di questi giudizi. Egli fu primo a dichiarare alcune condizioni, da cui dipendendo il variabile elettrizzamento, positivo o negativo, del quale ogni qualsivoglia corpo è capace.

È inoltre merito di Canton lo avere con le sue sperienze iniziata una serie di importanti ricerche intorno alle varie sorgenti dell'elettricità. Perciò dalle sperienze di lui incominceremo l'esame dei progressi fattisi in questa parte dell'elettricismo nella seconda metà del secolo XVIII (1).

II.

Con una serie di belle e semplici esperienze, comunicate alla Società Reale di Londra, nel dicembre del 1753, Giovanni Canton pose in evidenza, come invariabile non fosse lo stato elettrico, che rispettivamente assumono il vetro, il solfo e le resine per lo strofinamento. Infatti stropicciò egli un lungo bastone di ceralacca, e tenendolo poscia pel mezzo di sua lunghezza, a più riprese fregò sovra una parte di esso un tubo di vetro elettrizzato, e n'ebbe per tal modo un duplice elettrizzamento sul bastone di ceralacca: positivo cioè sulla parte toccata dal vetro, e negativo sulla parte solamente strofinata dal pannolano; siccome dimostrava il riaccostarsi od il repellersi vieppiù di due sfericciuole elettrizzate dal vetro, secondo che alle medesime accostava l'una, o l'altra parte del cilindro di resina.— Elettrizzò il vetro negativamente, come il solfo e la ceralacca, strofinandone con flanella la superficie spulita. Questo medesimo tubo di vetro spulito

(1) Canton fu uno dei migliori elettricisti inglesi del secolo passato. Della fama, che s'acquistò, fu debitore al proprio ingegno ed alla protezione del dottor Miles. Operaio in una fabbrica di panni nella sua prima gioventù, come era il padre suo, incise sovra una pietra, con una punta di coltello, un quadrante solare, il quale, con mirabile precisione, segnava le ore del giorno, il levare e il tramontare del sole, e la sua posizione rispetto all'eclittica. Questo lavoro volle il padre suo si collocasse sulla facciata della propria casa. Veduto il quale, il dottor Miles, che di là a caso era passato, seco condusse il giovinetto a Londra, e lo indirizzò negli studi. — La scoperta della boccia di Leida rivolse il Canton agli studi elettrici, intorno ai quali compose parecchie memorie rassegnate alla Società Reale di Londra, che, nel 1751, lo comprendeva nel novero dei suoi membri.

Giovanni Canton nacque a Stroud nel 1718 e morì nel 1772.

fu da lui elettrizzato positivamente, strofinandolo con una stoffa di seta.—Eccitò infine entrambi gli stati elettrici sovra un tubo di vetro, come già aveva fatto sulla ceralacca, rendendo spulita la metà del medesimo, e strofinandolo poscia in tutta la sua lunghezza con una stoffa qualunque di panno, di lino o di seta. Dai quali sperimenti Canton conchiuse, che lo stato elettrico indotto dallo strofinamento ne' corpi, dipende dalla natura e dalla superficie di questi, e da quella del corpo che li strofina (1).

Meno precise e conchiudenti sono le sperienze, poco dopo quelle di Canton, istituite da Wilson: e troppo assolute e generiche sono le conseguenze, che dalle medesime ricavò (2). Fregando l'nn contro l'altro, due pezzi di tormalina e d'ambra, vide quella elettrizzarsi in più e questa in meno. Fregando similmente fra loro la tormalina e il diamante, ebbe su quella l'elettricità negativa e su questo la positiva. Dal che egli argomentò in generale, che di due corpi fra loro strofinati, quello, la cui sostanza è più dura e il potere elettrico più forte, prende l'elettricità positiva, elettrizzandosi negativamente quello, che ha meno durezza e meno forza.

Si propose Wilson di studiare gli effetti dello strofinamento dell'aria sui corpi elettrici. Ponendo a capo di un mantice ordinario successivamente un pezzo di tormalina, una lastra di vetro, e un cilindretto di ambra, trovò, che dopo venti colpi di mantice, ognuno di questi corpi elettrizzavasi in più. Maggiori segni elettrici poi ne otteneva spingendo l'aria sovr'essi per mezzo d'nn mantice di fucina (3).—In uguale maniera Henley e Lichtenberg avevano elettrizzato l'ambra e la ceralacca. Ma Lichtenberg non potè riuscire ad elettrizzare per

(1) *Phil. trans.*, vol. XLVIII, parte I, pag. 356. Id. parte II, pag. 782.

(2) L'inglese B. Wilson fu operoso sperimentatore, e scrisse eziandio alcune memorie sull'elettricità, presentate alla Società Reale di Londra; le quali tuttavia non hanno il pregio del suo contemporaneo G. Canton.

Wilson nacque nel 1708 e morì nel 1788.

(3) *Phil. trans.*, vol. LI, parte I, pag. 301.

tal modo i metalli; e neppure vi riuscì il Volta, ponendoli in rapida girazione, mentre con questo procedimento elettrizzava i corpi coibenti.

L'elettrizzazione dei corpi coibenti per mezzo di un forte colpo d'aria, fu pure dimostrato dal Beccaria col mezzo di un semplice sperimento. Lasciando entrare repentinamente l'aria in vasi vuoti, di vetro o di altra materia coibente e sottile, gli apparve un debole lampo, cui egli attribuì un'origine elettrica (1).

Wilson ricercò eziandio la efficacia dell'aria diversamente calda sull'elettrizzazione dei corpi, contro i quali era spinta. Arroventando il cannello di ferro del mantice, vide che l'aria calda elettrizzava più facilmente, che la fredda, la tormalina, il vetro, ecc. Generalizzando il quale fatto, Wilson pensò di poter concludere, che tutta l'atmosfera produce un flusso perenne di fluido elettrico, con le sue alterne vicende di calore e di freddo (2).

(1) In una lettera indirizzata al conte di Scarnafigi il Beccaria così parla dell'accennato sperimento:

« Affine di esplorare alcuna cosa intorno al fuoco elettrico, di che io era persuaso essere imbevuta l'atmosfera, invano aveva tentato di vedere se, mentre io votava d'aria una campana al buio, poteva discernere alcuna luce; ovvero se mi riusciva di scorgere alcun particolare movimento nei peli mobilissimi appesi alla campana medesima.

« Dubitando che alcuna elettricità, che insorgesse tra il diradarsi dell'aria, restasse impercettibile, per la lentezza dell'operazione; nè vedendo il modo di fare un voto repentinamente; ho cercato di empierne repentinamente un voto bell'e fatto, spezzando al buio delle bombe di vetro soffiate alla fornace, e m'è riuscito di scorgere una momentanea luce, che nella vivezza e nell'apparenza corrispondeva all'ampiezza delle bombe, e allo scoppio, cui faceva l'aria nel riempierne la capacità. Essa rassomiglia alla luce di certi tranquilli baleni, che ne' temporali si dispiegano oltre ai limiti de' nuvoli, che non offendono la vista, ecc. ».

V. *Dell'elettricismo artificiale*, Torino, 1772, pag. 322 e seg.

(2) *Phil. trans.*, vol. LI, parte I, pag. 332.

Tralasciamo di far cenno di altre sperienze di Wilson, comunicate alla Società Reale di Londra in una memoria, che fu letta il 13 novembre 1760, e relative all'elettrizzazione in più ed in meno ottenuto nell'avorio, nel legno secco, ne' metalli.

V. *Phil. trans.*, vol. LI, parte II, pag. 899.

Più esatte, e meglio consone alle sperienze di Canton, sono le ricerche istituite dallo svedese Bergman, le quali vennero poscia confermate dai risultati ottenuti dal Beccaria ⁽¹⁾.

Bergman riconobbe l'azione, che il modo di strofinamento esercita sulla natura del fluido, che si sprigiona. Fregando in croce due nastri di seta, al tutto uguali nel tessuto, nel colore e nella superficie, vide che quello, ch'era strofinato in tutta la sua lunghezza, elettrizzavasi in più, e l'altro in meno: ed osservando, che il nastro longitudinalmente strofinato, diventava più liscio, giudicò che la levigatezza della superficie, fosse condizione favorevole all'elettrizzazione positivo.

Vide ancora, che se dei due nastri uno tenevasi alquanto sopra un bragiore, e strofinavasi poscia con l'altro, sempre acquistava esso l'elettricità negativa, e il meno caldo la positiva. — Trovò infine, che se uno dei nastri era di color nero, sempre si elettrizzava in meno, in qualunque senso lo si fosse strofinato. Da queste osservazioni conchiuse, che l'asprezza della superficie, l'accrescimento della temperatura e il color nero sono condizioni meglio acconcie allo elettrizzamento negativo ⁽²⁾.

(1) Non crediamo meritevole d'una speciale menzione la ipotesi emessa dall'inglese Delaval, intorno al vario modo di elettrizzamento dei corpi. Anzi che attribuire questo fatto alle condizioni stabilite e dimostrate da Canton, egli suppose, che dipendesse esclusivamente dalla diversa natura delle sostanze. Immaginò egli che tutti i corpi consistessero di due elementi o materie semplici, *terra* e *solfo*, dotate l'una e l'altra di opposte elettricità; e pensò che nei corpi composti di entrambe, le due opposte potenze equilibrandosi, nullo si renderebbe l'effetto di esse, e così avrebbero origine i corpi neutri od snelettrici, siccome i metalli, ecc.

Basta questo cenno per chiarire l'insimmessibilità di una tale ipotesi. Chi volesse tuttavia conoscerne i particolari, non che la discussione per ciò avvenuta fra Delaval e Canton, consulti le *Transazioni filosofiche* della Società Reale di Londra, vol. LI, parte I, pag. 83. — Vol. LII, parte II, pag. 35, 459, 461. — Vol. LIII, parte I, pag. 98.

(2) Bergman raccolse i risultati delle sue sperienze in una lettera indirizzata a Wilson, la quale fu letta alla Società Reale di Londra il 23 febbraio 1764.

V. *Phil. trans.*, volume LIV, pag. 86.

Bergman fu fisico distinto. A lui debbesi la scoperta del gaz acido carbonico e l'idea della preparazione artificiale delle acque minerali. — Molte opere pubblicò col titolo: *Opuscula physica et chimica*, che furono poscia tradotte in francese. — Egli nacque nel 1735 e morì nel 1784.

L'azione del colore dei corpi sulla natura dell'elettricità, che da essi sprigionasi, era già stata riconosciuta dall'inglese Symmer, alcuni anni prima di Bergman. Togliendosi egli una sera le calze di seta, e separando, l'una dall'altra, la bianca e la nera, che portava sovrapposte, udì uno scoppietto, e vide nel buio uscirne vive scintille. Esplorando la elettricità d'entrambe, trovò l'una e l'altra contrariamente elettrizzate; e ricercando la ragione del curiosissimo fatto, gli parve di ritrovarla nella differenza del colore (1). — Questo sperimento di Symmer divenne famoso per le discussioni e le ricerche sperimentali, cui diede occasione, siccome verrà detto altrove. Qui diremo solamente, che Symmer attribuiva al calore del corpo umano la virtù di eccitare l'elettrico fluido nelle calze. — Ma l'abate Nollet, rinnovando le sperienze di Symmer, dimostrò che non era il calore assolutamente necessario: ma solamente giovevole ad accrescere l'intensità dell'elettrizzamento. Infatti due calze di seta, l'una bianca e l'altra nera, e immesse l'una nell'altra, scaldate al fuoco, intensamente si elettrizzano, se fregate con pannolano o con carta.

Il Nollet dimostrò ancora la niuna efficacia del colore per sè nell'elettrizzamento delle calze, e richiamando le osservazioni fatte già dal Dufay alle sperienze del Grey, ed avvertendo che di notte, in cui cessa la distinzione dei colori, non muta perciò la differenza dello stato elettrico delle calze, e finalmente provando col fatto, che il diverso elettrizzamento delle medesime dipende dalla natura delle sostanze, onde si compongono i colori. In vero, osservando il Nollet che a comporre la tintura nera s'adoperavano il vitriolo verde e la noce di galla, immerso le due calze bianche di seta, l'una nella soluzione di vitriolo e l'altra nella decozione di galla, e, fattele seccare, le stropicciò con un'altra calza bianca e nuova: e vide che eziandio quella, ch'era stata immersa nella decozione di galla, benchè fosse bianca, elettrizzavasi come la calza nera (2).

(1) *Phil. trans.*, vol. LI, parte I, pag. 340. (2) *Mém. de l'Acad. de Paris*, 1761.

Il Beccaria ripetendo le sperienze di Bergman e di Symmer, ne ebbe identici risultati. Vide ancor esso, che strofinando insieme due corpi della stessa o di somigliante natura, si elettrizza negativamente quello tra i due, che con le stesse porzioni di sua superficie scorre successivamente sovra parti distinte dell'altro. — Rinnovò lo sperimento delle calze di Symmer sovra nastri di seta bianchi e neri, e confermò il principio stabilito da Bergman, che di due corpi d'ugual materia, ma di temperatura diversa, suole elettrizzarsi in più il meno caldo, ed in meno il più caldo ⁽¹⁾.

III.

Le condizioni, per le quali svolgesi l'una o l'altra elettricità nei corpi furono con molta diligenza studiate dal fisico tedesco Wilke e dal francese Coulomb. Le esperienze da essi istituite possono considerarsi come il complemento di quelle di Canton, di Bergman e di Symmer ⁽²⁾.

Wilke fuse del solfo in un vaso di terra posto sovra corpi conduttori: lasciandolo quindi raffreddare e toltone il solfo, trovò il vaso fortemente elettrizzato. Posto il vaso a raffreddare sovra corpi coibenti non dava segni elettrici. — Fuse parimente del solfo in vasi di vetro e trovò l'uno e gli altri elettrizzati, sia che i vasi fossero posti sovra materie conduttrici, ovvero sovra altre coibenti. Positiva era l'elettricità del vetro, negativa quella del solfo. Questo poi cominciava ad elettrizzarsi col progressivo raffreddamento; laddove nel vetro massima era la elettricità, allorchè agitavasi nel vaso il solfo tuttavia

(1) *Dell'elettricismo artificiale*, pag. 65 e 403 e seg.

(2) Wilke fu uno dei più valenti elettricisti della Germania nella seconda metà del secolo passato. Egli raccolse i risultati delle sue sperienze in una eccellente opera intitolata « *Disputatio physica de electricitatibus contrariis* », pubblicata a Rostoch nel 1757.

Wilke, nato a Wismar nel 1732, morì nel 1796.

liquido e non elettrizzato, e andava gradatamente scemando col crescere dell'elettricità nel solfo. — Proseguendo queste ricerche trovò che la cera lacca fusa, versata nel vetro, acquista la elettricità negativa; nel solfo la positiva; e nel legno la negativa — Il solfo versato nel legno secco prendeva la elettricità negativa; ma versato in altro solfo, o nel vetro spulito, non si elettrizzava punto (1).

A questi fatti sperimentali corrispondono quelli ottenuti da Epino. Egli versò del solfo fuso in coppe metalliche, ed osservò che, dopo il raffreddamento, nè il vaso, nè il solfo, davano, uniti, alcun segno elettrico; bensì ne davano, e fortissimi, nell'atto di loro separazione. La elettricità dispariva tosto, riponendo il solfo nella coppa, e riappariva separandoli altra volta. L'elettricità era negativa nel metallo e positiva nel solfo; ma se all'un dei due, allorchè era separato dall'altro, toglievasi la elettricità, entrambi poscia, riuniti, davano indizi della elettricità rimasta all'un d'essi (2).

Wilke designò col nome di *elettricità spontanea* questo elettrizzamento che, ottenendosi nella fusione di sostanze elettriche, sembra prodursi per l'azione del calorico. — Si credette anzi per molto tempo che il calore, e molto più la fusione del solfo e delle resine, bastasse senza altro ad eccitarvi la elettricità.

Ma il Beccaria, e quindi il Volta, dimostrarono che l'elettricità svolta nella fusione di sì fatte materie debbesi ad un'azione puramente meccanica di strofinamento, siccome vedremo parlando della tormalina.

Wilke riferisce altre curiose sperienze sull'elettricità svolta per attrito. — Il solfo ed il vetro, strofinati insieme, gli diedero segni di forte elettricità, negativa nel solfo, positiva nel vetro. — Strofinati parimente tra loro il solfo e la ceralacca, ebbe in quello la elettricità negativa, e in questa la positiva. — Il solfo elettrizzavasi in più nel

(1) Wilke, *Disputatio physica de electricitatibus contrariis*, pag. 44.

(2) Epino, *Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi*, pag. 66 e seg.

solo caso di strofinamento con metalli: tuttavia col piombo, forse conduttore men buono degli altri metalli, si elettrizzò negativamente. — Il legno strofinato con una stoffa elettrizzavasi sempre in meno: così pure, se strofinavasi contro il vetro pulito; all'opposto elettrizzavasi in più contro il vetro spulito. — Di tutti i corpi sottoposti a prova il vetro pulito gli apparve il meglio acconcio ad attirare il fluido elettrico; poichè sempre lo vide elettrizzarsi positivamente. Ma dopo lui Canton provò che anche il vetro pulito riceve la elettricità negativa allorchè si strofina con pelle di gatto.

Appoggiato a questi fatti sperimentali Wilke stabilì il principio generale, che strofinandosi tra loro due corpi di qualsivoglia natura, entrambi si elettrizzano, ed in opposta maniera: la quale legge fu anche ai tempi nostri riconosciuta generale ed esatta. Egli inoltre compose un elenco delle principali sostanze adoperate nelle sperienze elettriche, ordinate rispetto alla natura dell'elettricità, che sulle medesime si svolge, nel reciproco loro strofinamento. — La serie dei corpi elettrici composta da Wilke fu poscia da Wilson, e specialmente da Cavallo, estesa a buon numero di metalli ⁽¹⁾.

Coulomb prese specialmente a commentare le sperienze di Symmer e di Bergman. Ecco un sunto delle importanti ricerche di questo dotto fisico francese, riferite nel *trattato di fisica sperimentale e matematica* di Biot, che le ricavò dai manoscritti stessi di Coulomb. Una striscia di carta, nel suo stato naturale, e carica di umidità dell'aria, strofinata non si elettrizza che debolmente. Ma seccata e scaldata, con qualsivoglia corpo si strofini, essa darà sensibili indizi di elettrizzamento. — Una striscia di carta scaldata e strofinata con pannolino

(1) Wilke classificò le sostanze elettriche nell'ordine seguente: vetro pulito, — stoffa di lana, — piume, — legno, — carta, — ceralacca, — cera bianca, — vetro spulito, — piombo, — zolfo, — metalli. — Ciascuno di questi corpi, secondo il Wilke, si elettrizza positivamente, se strofinato da altri, che lo seguono, e negativamente, se da altri, che lo precedono.

V. *Disputatio physica de electricitatibus contrariis*, pag. 54 e 69.

si elettrizza in meno. Così pure con metalli si elettrizza negativamente; a meno che la superficie di questi sia levigatissima: nel qual caso porge talvolta deboli segni di elettricità positiva. Con seta bianca si elettrizza negativamente; ma raffreddandosi dà più spesso dei segni debolissimi di elettricità positiva. Con seta nera, nuova e di buona tinta riceve elettricità positiva. Con seta nera, mezzo logora, prende, mentre è ancora calda, la elettricità negativa; strofinata, alcuni istanti dopo, più non dà segni di elettricità, ma dopo altri pochi istanti strofinata ancora dà segni di elettricità positiva. — Un nastro di seta bianca, scaldato e strofinato contro un metallo, dà sempre elettricità negativa. Lasciandolo raffreddare, e strofinandolo ancora, continuerà a dar segni di elettricità negativa, se non è pulita la superficie del metallo, e di elettricità positiva, se il metallo è levigatissimo. — Un nastro nero di seta e di buona tinta, scaldato o non, strofinato contro un metallo pulito o spulito, dà sempre elettricità negativa. — Un nastro di seta bianca, scaldato o non, strofinato contro una stoffa nera e di buona tinta, si elettrizza sempre positivamente; ma se la stoffa nera è logora, e il nastro bianco si scalda, darà prima elettricità negativa; raffreddandosi poscia darà segni di elettricità positiva. — Una stoffa di seta, agitata con rapido movimento, nell'aria prende sempre elettricità negativa: sicchè lo strofinamento dell'aria contro la seta dà all'aria la elettricità positiva. — Fenomeni ad un dipresso uguali presenta un nastro bianco di lana.

Un nastro di seta, o di lana, e una striscia di carta, strofinati con una pelle di volpe o di gatto ben secca, prendono sempre l'elettricità negativa, e più forte che non con qualsivoglia altra sostanza. — Queste pelli, strofinate sopra un corpo conduttore, si elettrizzano sempre positivamente.

Confrontando tra loro le diverse condizioni sovraccennate Coulomb le subordinò tutte a questo principio generale, confermato poscia dalle sperienze dei fisici del secolo nostro, e specialmente da quelle

di Becquerel: che cioè nello strofinamento di due corpi si elettrizza in meno quello di essi, le cui molecole superficiali soffrono un maggiore discostamento dalla loro posizione di equilibrio, e si elettrizza in più quello, in cui minore è lo spostamento delle molecole superficiali. Quindi più questa differenza è forte, più eziandio l'elettrizzazione è intenso sovra le due superficie. S'indebolisce per contro a misura che lo stato di queste si fa vieppiù somigliante. Un'eguaglianza perfetta, se mai fosse possibile, impedirebbe affatto lo svolgimento dell'elettricità (1).

VI.

Con altri mezzi meccanici diversi da quelli finora accennati pervennero i fisici del secolo passato a sprigionare il fluido elettrico latente nella materia ponderabile.

La pressione, la percussione e l'abrasione furono eziandio riconosciute da Epino, e dal Volta capaci di suscitare la virtù elettrica nei corpi, che le subivano.

Epino sovrappose due lastre di vetro da specchi, e premutele l'una contro l'altra senza confricarle, e separatele quindi, senza toccar con esse alcun corpo conduttore, ebbe vivi segni di elettricità contrarie sulle due lastre. Col riunirle di nuovo, sparivano i segni elettrici in entrambe: il che, egli dice, non avveniva se all'una di esse solamente, allorchè erano separate, si fosse tolta la elettricità: nel quale caso riunite altra volta, mostravansi entrambe elettrizzate del fluido rimasto sulla lamina non toccata da corpi conduttori.— Uguale effetto dichiara potersi ottenere col vetro e col solfo, o con altri corpi elettrici qualsivoglia, ed eziandio con un corpo elettrico ed un pezzo di metallo (2).

(1) Biot, *Traité de physique expérimentale et mathématique*, tom. II, pag. 355. — *Annales de chimie et de physique*, tom. XLVII, pag. 428. — De la Rive, *Traité de l'électricité*, tom. II, pag. 536.

(2) *Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi*, pag. 65.

Le sperienze di Epino sembrano preludere a quelle che, nel 1796, veniva istituendo il Volta sopra i corpi conduttori e coibenti posti a combaciamento. Sperimentava il Volta sopra la natura e la intensità dell'elettrizzazione, che acquistano dischi metallici, per la sovrapposizione loro, accompagnata da piccola o da forte pressione per la percossa, e per lo strofinamento in piano e in costa, contro varie specie di coibenti, di semicoibenti e di conduttori più o meno perfetti. Isolava perciò i dischi con manubri di vetro, e li applicava poscia sopra legni verdi, pelli, carta, pannolani, avorio, mattoni e diverse pietre porose, e materie imbevute d'acqua, per renderle conduttrici. — Applicava finalmente, l'uno contro l'altro, dischi metallici di diversa materia.

Questa serie di sperienze presentò al Volta dei risultati curiosi dal confronto dei quali egli trasse le principali leggi seguenti: 1. l'argento, lo stagno, e più altri metalli prendono generalmente la elettricità negativa; e pochi, tra i quali lo zinco, la positiva. — 2. Tutti nullameno, anche lo zinco, si elettrizzano in meno, benchè debolmente, allora che sono posti a combaciamento, con lieve o forte pressione, con panno, carta, cuoio, avorio ecc., abbastanza umidi per essere buoni conduttori. — 3. Contro i corpi umidi la pressione, la percossa, ed anche lo strofinamento non operano più della semplice applicazione, accompagnata da lieve pressione, per l'esatto combaciamento; mentre contro corpi non molto umidi, che s'accostano più alla natura dei coibenti, molto efficace riesce per l'elettrizzazione la forte pressione, e ancor più la percossa, e meglio lo strofinamento. — 4. La semplice applicazione dei metalli a combaciamento di corpi non del tutto coibenti, ma neppure, per molto umido, troppo conduttori, fa inclinare i metalli stessi, quali più, quali meno, verso l'elettricità negativa; e la pressione talvolta verso la positiva; la percossa più decisamente verso la positiva; e più distintamente ancora verso la positiva lo strofinamento massime in costa (1).

(2) *Collez. opere del Volta*, lettera II al prof. Lichtenberg, tom. II, parte II, pag. 66.

A provare che la percussione è sorgente di elettricità il Volta sin dal 1769 accennava il fatto dell'elettrizzazione ottenuto percotendo una lastra di vetro ben secca (1).

I risultati sperimentali ottenuti dal Volta rimasero per più anni inavvertiti. A dimostrare lo elettrizzamento prodotto nei corpi dalla pressione citavasi la sola sperienza istituita dal fisico francese Libes. La quale consiste nel premere sovra un disco di legno, coperto di taffetà gommato, un disco di ottone a manico di vetro, avvertendo di non fargli subire alcun fregamento tanto nel sovrapporlo, quanto nel premierlo, e nel separarlo dal disco di legno. In questa esperienza, il metallo prende la elettricità negativa; e la opposta, se premendolo si strofina. Effetti uguali ottenne ancora Libes con dischi di altri metalli. — Finalmente altri fisici, tra i quali vogliansi ricordare di preferenza Haüy e Becquerel, ritornarono su queste ricerche, e ne accrebbero notevolmente i risultati. Il primo trovò che lo spato islandico, (e così avviene di altre sostanze minerali) si elettrizza, premendolo semplicemente, fra le dita: ed applicò questa sua proprietà alla costruzione di un elettroscopio, molto acconcio a rivelare la specie di elettricità, onde è carico un corpo (2). Il secondo dimostrò che una

(1) « Laminam vitream probe siccam abs igne malleo ligneo (charta inaurata obducto melius evenit) percussio semel quo validius fieri potest, id unum nempo cavens ne diffringatur: electricitas existit aliqua in utraque superficie, sed admodum debilis; ea tamen, repetitis ictibus, adeo invalescit, ut bracteolae metallica ad quatuor, et ultra pollices sitae arrigantur, advolent, etc., interdum et penicilli conspiciantur, et crepitus exaudiantur. Hoc autem maxime notatu dignum, quod non solum pars illa vitri, quae percussioni mallei subjecerat, electricitatem nacta est; sed aliae partes circumpositae bracteolas sensibiliter attrahunt ». — V. *De vi attractiva ignis electrici*, ad J. B. Becquariam dissertatio, tom. I, pag. 22.

(2) L'elettroscopio di Haüy consiste in un ago metallico, mobile sovra una colonnetta coibente, e terminato, da una parte, da un globetto metallico, e dall'altra da una lamina di spato islandico. — Volendo sperimentare con quest'elettroscopio, si preme con due dita la lamina di spato islandico, che prende la elettricità positiva, e la ritiene per qualche tempo. Avvicinando poscia allo spato islandico il corpo elettrizzato, ne sarà questo attirato, se è carico di elettricità negativa, e respinto, se carico di positiva.

tale proprietà non è limitata a pochi corpi, ma generale così, che si manifesta puranche nei conduttori, purchè siano isolati (1).

Le sperienze dell' *abrasione* (2) furono intraprese dal Cavallo nel 1780, e rinnovate poscia dal Bennet e dal Volta. Tiberio Cavallo solleva lasciar cadere da un cucchiaino asciutto di vetro, di metallo, d'avorio ecc. sopra un disco metallico isolato poca resina spolverizzata; la quale dal leggerissimo strofinamento contro il cucchiaino si elettrizzava così, da dare al disco, sul quale raccoglievasi, una viva scintilla (3).

Il Bennet ripeteva queste sperienze alcuni anni dopo e otteneva gli stessi risultati (4).

Il Volta, nel 1788 e 1789, allargando con nuove e curiose ricerche i confini delle sperienze di Cavallo, riconobbe che diversi corpi, anzi quasi tutti quelli, che strofinati in massa un coll'altro, o contro l'aria ricusano di elettrizzarsi, ridotti poi in minuzzoli, o in polvere, e in tale stato soffregati, ed anche solo lanciati con impeto nell'aria, danno segni non dubbidi acquistata elettricità. Tutti i corpi, egli dice, anche quelli, che stimansi buoni conduttori, eccezione fatta dei soli metalli, fatti in bricioli o in polvere, ove si facciano passare per uno staccio, e sia pure di metallo, sicchè abbiano a strofinarsi bene, ovvero si caccino fuori con veemenza da un soffietto, concepiscono tostamente, chi più chi meno, qualche elettricità. Basti il dire che ne concepiscono, non che le farine, la cenere, la calce e il gesso stritolati, la polvere delle strade, le vesti, l'arena, ma fin le sabbie metalliche, le ferruginose cioè o piritose, stacciandole o soffiandole, ovvero

(1) Ilauy. *Électricité par pression. Annales de chimie et de physique*, tom. V, pag. 95.

Becquerel. *Id. Ann. de chim. et de phys.*; tom. XXII, pag. 6.

(2) Così denominò il Volta l'azione meccanica della raschiatura de' corpi pe mezzo di coltello, di lima, ecc.

(3) *Phil. trans.*, vol. LXX, pag. 15.

(4) V. Adams. *Essay on electricity*, 1787. *Supplement*.

scuotendole da un polverino anch'esso metallico, e per ultimo i tritumi e la polvere di carbone, il quale, dopo i metalli è il miglior conduttore (1).

Notiamo finalmente che le prime sperienze di abrasione fatte da Cavallo paiono suggerite dalla osservazione, fatta già dal Beccaria, prima del 1772, che i globi di solfo e di ceralacca delle macchine elettriche si elettrizzano, mentre con un coltello si torniscono per arrotondarli. Il Beccaria non distinse in questo fatto una particolare maniera di eccitamento dell'elettricità, per ciò che, egli dice, il coltello non disgiunge le asprezze prominenti, senza raschiare le parti soggette, e stropicciarle: epperò anche in questo caso lo strofinamento eccita la elettricità. Ma a lui non cadde in mente di raccogliere i bricioli sovra un disco metallico isolato per esplorare se pur essi fossero elettrizzati (2).

V.

Alle accennate sorgenti meccaniche dell'elettricità dobbiamo aggiungere l'azione fisica del calore, studiata dai fisici del secolo passato sulla tormalina.

(1) *Collez. opere del Volta*. Addiz. alla lettera VII al prof. Liehtenberg, tom. I, parte II, pag. 255 e seg.

Prima di compiere le accennate sperienze, il Volta aveva combattuta la opinione del prof. Tralles di Berna, il quale ripeteva l'elettricità delle cascate d'acqua dallo strofinamento, che questa soffre rompendosi nell'aria, e sparpagliandosi in minutissime gocce. Le obbiezioni del Volta erano le seguenti: che muovendo rapidamente in giro, con una funicella di seta, una sfera metallica, od altro conduttore, entro l'aria ben secca, oppure spingendo l'aria stessa con un mantice contro qualsivoglia conduttore, mai eransi ottenuti indizi elettrici: i quali, appena debolissimi, si ottenevano con corpi coibenti, e quando ed essi e l'aria erano ben secchi, — che d'altronde l'umido era il capitale nemico dell'elettricità per strofinamento. Per le quali ragioni credeva non potersi avere elettricità dallo stropicciamento dell'acqua semplicemente spruzzata nell'aria, e nell'aria molto umida.

Ma le sperienze del Cavallo, e le proprie, lo fecero mutar di sentenza; perciocchè vide i corpi conduttori, ridotti a grande divisione molecolare, elettrizzarsi per lievissimo strofinamento.

(2) *Elettricismo artificiale*, pag. 8.

L'efficacia del calore sull'elettrizzazione dei corpi era già stata riconosciuta fin dai primi tempi, che s'intraprese lo studio dei fenomeni elettrici. Notarono già gli accademici del Cimento essere il calore generalmente favorevole all'elettrizzazione dei corpi; credettero anzi potesse bastare da solo il riscaldamento ad eccitare la virtù attrattiva nell'ambra. Pare d'altronde che già conoscessero gli antichi alcuni minerali, che pel riscaldamento acquistano la virtù di attirare a sè i corpi leggeri. Plinio infatti ci parla d'una pietra, di color violetto o rosso carico, la quale riscaldata al sole, o strofinata fra le dita, a sè attira i piccoli corpi ⁽¹⁾.

Gli Indiani conoscono da tempo antichissimo una pietra, che riscaldata al fuoco, acquista la virtù di attirare la cenere, detta perciò *tournanal* o *tira-ceneri*. È questo minerale il *lyncurium* degli antichi, e la *tormalina* dei moderni ⁽²⁾. Portata dall'isola di Ceylan in Europa da mercatanti olandesi, sul finire del secolo XVII si vendeva come pietra preziosa, con cui si facevano anelli ed altri oggetti di ornamento. Il chimico francese Luigi Lemery la presentò nel 1717 all'accademia di Francia sotto il nome di pietra del Ceylan, sperimentandone col riscaldamento la facoltà attrattiva e ripulsiva sulle ceneri, sulla limatura di ferro, su pezzettini di carta ecc. ⁽³⁾.

Il primo tuttavia che giunse a verificare, che le attrazioni e ripulsioni della tormalina riscaldata sono dovute allo svolgimento dell'elettricità prodotto dal calore fu Epino. Il quale avute da Lechman, nel 1756, due tormaline pulite, e destinate a servire di anello, istituì sovr'esse una serie di sperienze, delle quali rese conto in una memoria presentata all'accademia delle scienze di Berlino.

(1) *Hist. natur.*, lib. XXXVII, cap. VII.

(2) Trovasi questo cristallo specialmente nei terreni ignei o di fusione. In Italia si è ritrovato nei monti del S. Gotardo, del Tirolo e dell'isola d'Elba. Il suo colore è ora rossiccio o ranciato, talora verde bruno, ed eziandio bianco.

(3) *Hist. de l'acad. des sciences de Paris pour l'année 1717*.

Luigi Lemery, figlio del celebre medico e chimico Nicola, nacque a Parigi nel 1677, e morì nel 1743.

Egli riconobbe anzitutto lo stato elettrico nella tormalina riscaldata, perocchè essa attraeva, e successivamente respingeva un corpo leggero sospeso ad un filo di seta, e dava eziandio piccole scintille visibili nell'oscurità — A questo primo fatto con l'esperienza ne aggiunse un secondo assai più importante, e dal quale era resa pienamente certa la induzione di lui, che dalla elettricità dipendesse questa virtù delle tormaline, da taluni paragonata ad una calamita. Vide Epino la simultaneità dei due stati elettrici in una stessa tormalina, riscaldata in qualunque mezzo, nell'aria, nell'acqua, ecc. ossia vide che le due estremità del cristallo erano entrambe elettrizzate, ma contrariamente e in modo da costituire i due poli elettrici. — Riconobbe altresì la possibilità di invertire lo stato elettrico ordinario dei due poli della tormalina, dimostrando che « quando un capo della tormalina è riscaldata notevolmente più dell'altro, si trova sempre in uno stato elettrico opposto a quello che acquista di ordinario; e la pietra riprende il suo stato elettrico naturale, appena i due capi di essa siano ridotti ad un grado di calore a un dipresso uguale ».

Trovò infine la elettricità della tormalina affatto diversa da quella, che ne'corpi si eccita per lo strofinamento. « Essa, dice Epino, segue leggi al tutto differenti. Ciascuna delle due elettricità può sovr'essa eccitarsi indipendentemente dall'altra: e quantunque possano coesistere, giammai v'ha tra loro alcun rapporto o legame. La elettricità propria della tormalina non abbisogna, per essere prodotta, che d'un certo grado di calore; qualunque d'altronde ne sia la sorgente. Appena è, per tal mezzo, sprigionata la elettricità ed ha acquistato un conveniente grado di forza, tosto, per la interna struttura e per la costituzione della pietra, un capo di essa si trova elettrizzato positivamente, e l'altro negativamente. — Se i due capi della pietra sono egualmente riscaldati, v'ha sempre un d'essi che è positivo, e l'altro che è negativo. Ma quando i due estremi ricevono disuguale calore, il lato, che è ordinariamente positivo, diventa negativo, e quello, che

ordinariamente è negativo si fa positivo; e tale stato perdura quanto la ineguale distribuzione del calore ⁽¹⁾ ».

La regola generale posta da Epino, che i poli elettrici nella tormalina inegualmente riscaldata sono contrari di posizione a quelli della tormalina, ugualmente riscaldata, diede luogo ad una lunga discussione alla quale posero fine i risultati delle sperienze intraprese da Canton e da Bergman ⁽²⁾.

Canton dedusse da suoi sperimenti il principio generale, che non già la temperatura assoluta, sibbene un cangiamento nella temperatura rende la tormalina elettrica, e che la elettricità libera a ciascuno dei suoi poli varia secondo che la mutazione nella temperatura è un riscaldamento, o un raffreddamento. Trovò egli infatti, come già Epino:

1. Che la tormalina si elettrizza, senza strofinamento, col solo calore: acquistando elettricità positiva ad un polo, e negativa all'altro polo.
2. Che il raffreddamento elettrizza pure la tormalina ed in meno al polo, che pel calore si elettrizzava in più, ed in più all'estremità, che per calore si elettrizzava in meno.
3. Che in una tormalina, riscaldata e lasciata quindi raffreddare, gli stessi poli si manterranno positivi e negativi per tutto il tempo, nel quale cresce o scema il calore alla medesima comunicato.
4. Che perciò questo modo di elettrizzamento

(1) *Hist. de l'acad. des sciences et lettres de Berlin. Année 1756.* Berlino 1758, pag. 405 a 421.

Le sperienze sulla tormalina e quelle sull'elettricità di pressione, da noi riferite, rilevano in Epino un accuratissimo sperimentatore. Le teorie da lui esposte nella grande opera « *Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi* » ce lo mostreranno degno di essere annoverato tra i primi elettricisti del suo secolo.

Egli nacque a Rostoch nel 1724, e morì a Dorpi nel 1802.

(2) Non ci arrestiamo qui ad esaminare le divergenze di opinione intorno al modo di elettrizzamento della tormalina, variamente riscaldata, manifestate dal Duca di Noya Carafa di Napoli, dal Muschembroeck, e specialmente dal Wilson; perchè alle osservazioni loro rispondono i risultati sperimentali ottenuti da Canton e da Bergman. Del resto chi voglia maggiori ragguagli in proposito, consulti le *Transazioni filosofiche*, vol. LI, parte I, pag. 327, 329, 337, 338, e 396. — Vol. LIII, pag. 436. — Vol. LVII, parte I, pag. 315.

differsce dall'ordinario per ciò, che le strofinamento eccita sui due capi della tormalina la medesima specie di elettricità.

Debbesi ancora a Canton la osservazione di un fatto curiosissimo di analogia fra la tormalina e la calamita. Sperimentando sovra una tormalina di forma oblunga, così che i due poli di essa fossero almeno alla distanza di un centimetro l'un dall'altro, vide, che rompendola in due o tre pezzi, ciascuno di questi presentava i due poli, come la pietra intiera; e riconobbe inoltre che le estremità dei frammenti, che trovavansi in contatto prima che fosse rotta la pietra, presentavano poli contrari. Infine trovò ancora le stesse proprietà della tormalina nel topazio del Brasile (1).

Con quest'ultima scoperta Canton dischiuse la via una serie di ricerche importanti intorno alla *piro-elettricità* dei cristalli, le quali compivansi sul finire del secolo passato da Haüy, e in principio del secolo attuale dallo stesso Haüy e poscia da Brewster. Infatti in una memoria pubblicata fra quelle dell'Accademia delle Scienze di Parigi per l'anno 1785, Haüy dice che le curiose proprietà della tormalina e del topazio s'incontrano eziandio, lievemente modificate, nella giallaminia e nella boracite. Brewster poi la riconobbe nella mesolite, nel quarzo, in cristalli artificiali ecc.

Cadrebbe ora in acconcio il riferire le sperienze di Priestley sulla tormalina, che pur furono molte ed accuratissime. Egli ne esplorò il potere elettrico ponendola in contatto di materie or conduttrici, or coibenti. La riscaldò in uno stampo di stucco, nella ceralacca, nel mercurio, sulla palma della mano, nell'olio bollente, nell'aria rarefatta, ecc. E, a meglio determinare le condizioni relative al cambiamento di elettricità in essa, la posò sovra la sbarra di prova di un pirometro, che riscaldava per mezzo di una lampada a spirito. — Che se noi intralasciamo dal riferirne i singoli risultati, anche solo sommariamente, non vuolsi già intendere, che esse non abbiano alcun pregio. Chè il

(1) Priestley, *Hist. de l'électr.*, tom. II, pag. 151.

Priestley, quanto fu diligente raccoglitore delle osservazioni altrui, altrettanto fu accurato nel condurre le proprie sperienze. A noi d'altronde non mancherà altrove l'occasione di parlare di questo chiaro elettricista. — Ma qui ne basta l'avvertire, che i risultati generali delle ricerche di lui intorno al potere elettrico della tormalina concordano con quelli, anteriormente ottenuti da Canton, e de' quali già abbiamo fatto parola. (1).

Un'analisi chiara ed esatta delle varie fasi elettriche della tormalina, epperchè degna d'essere qui riferita, trovasi in una memoria pubblicata da Bergman, dopo le esperienze di Canton e di Priestley. Le manifestazioni dell'elettricità nella tormalina prodotte dal calore furono da Bergman ridotte ai fatti seguenti. Una tormalina posta in un mezzo, con cui ha eguale la temperatura, non è elettrica. — Portata in un mezzo più freddo, al quale essa cede il proprio calore, prende i due poli elettrici contrari, e li perde tosto che siasi ridotta alla temperatura dell'ambiente, in cui si trova. — Trasportata nel mezzo primitivo, si scalda, riprende i poli elettrici, ma cangiati di posto così, che il polo ch'era positivo nel raffreddamento, diventa negativo nel riscaldamento, e viceversa. — La quale ultima legge è vera, non soltanto per il cristallo in complesso, ma eziandio per ciascuna delle sue parti separatamente, così che se i due poli sono disposti così, che l'uno si scaldi, mentre l'altro si raffredda, essi trovansi simultaneamente elettrizzati alla stessa maniera.

(1) Priestley, *Hist. de l'électr.*, tom. III, pag. 397 a 429.

Giuseppe Priestley, dotto teologo e valoroso scienziato, contribuì efficacemente ai progressi della filosofia naturale nel secolo passato. Compose molte opere di vario argomento scientifico e letterario; tra le quali accenniamo qui particolarmente: le *Sperienze sull'aria*; le *Sperienze sui varii rami della filosofia naturale*; la *Storia dell'ottica*; e la *Storia dell'elettricità*.

Le opinioni sue, favorevoli ai principii, che promossero la rivoluzione francese, pubblicamente manifestate, gli meritò la cittadinanza francese, ed anche la elezione a deputato alla Convenzione nazionale: ma gli attirò tali persecuzioni dai suoi compatriotti, eh'egli dovette rifugiarsi in America, dove morì nel 1804. — Egli era nato a Fieldhead presso Leeds l'anno 1733.

In conclusione Bergman trovò che lo stato elettrico della tormalina può variare in sei modi distinti: cioè chiamando A e B i due poli;

A positivo : B negativo. — A negativo : B positivo. — A positivo : B positivo. — A negativo : B negativo. — A positivo : B non elettrico. — A non elettrico : B negativo.

Avvengono il primo ed il secondo stato quando nello stesso modo si scalda, o si raffredda il cristallo in tutta la sua lunghezza; il terzo ed il quarto allorchè si scalda il polo B, o il polo A, per qualche tempo alla fiamma d'una lampada, e poi si lascia raffreddare; il quinto ed il sesto si ottengono ponendo il cristallo sopra una lastra metallica isolata e tenuta a temperatura costante, e ricuoprendolo con una lastra metallica fredda.

Bergman infine dimostrò che uguale è la proporzione delle due elettricità raccolte sul cristallo. Vide infatti che un vaso metallico, isolato e pieno d'acqua calda non si elettrizza punto per l'immersione di una tormalina: il che prova che le due opposte elettricità, ch'essa vi acquista, si neutralizzano, e che perciò sono uguali (1).

Poniamo fine a queste nozioni, sulla tormalina con l'esame del fenomeno osservato da Canton e da Priestley, e ai tempi nostri confermato da Becquerel, che cessa l'elettrizzamento della medesima allorchè la temperatura diviene stazionaria. Una sì fatta inazione elettrica non sembra conciliabile col fatto, riconosciuto da Epino, di una tormalina, in cui lo stato elettrico si conservò per sei ore consecutive all'eccitamento del medesimo: fatto ammesso pure dagli stessi Canton e Priestley, e verificato eziandio da Haüy sopra il topazio, il quale *conservava fino a 20 e 24 ore* la elettricità acquistata mediante il calore.

Pare quindi al Pianciani che, destata la elettricità nel cristallo, e cessata quindi la causa eccitante, debba per alcun tempo continuare l'effetto, siccome avviene nei corpi coibenti elettrizzati: a meno che,

(1) Bergman, *De vi electrica turmalini*.

De la Rive, *Traité de l'électr.*, tom. II, pag. 458.

essendo il cristallo poco isolante, e l'aria per l'umidità, o per altra cagione, alquanto deferente, nell'ultimo periodo di eccitamento i poli perdano più, che non acquistino. Ma in regola generale dovrebbe la tensione elettrica durare per un tempo, che è in ragion composta delle virtù isolante del cristallo e dell'aria ⁽¹⁾.

Si vollero eziandio spiegare per mezzo del calore i fenomeni dell'elettrizzazione, ottenuti da Wilke e da Epino sopra il solfo e le resine ridotte a fusione. Ma il Beccaria dimostrò che in siffatte operazioni l'elettrizzazione avviene per semplice azione meccanica e non fisica. Invero, parlando delle tormaline dice, che esse sole, per quanto erasi fin allora sperimentato (1772), si elettrizzavano per aumento o diminuzione di calore. « Perciocchè comunque i fisici convenissero in affermare che i solfi, le resine e i miscugli di tali corpi si elettrizzano, collo scaldarli, o fonderli ecc. e che ben custoditi ritengano per anni interi tale elettricità; pure io penso d'aver trovata e la falsità di tale opinione, e la cagione che l'ha potuta universalmente stabilire. Questa ell'è che basta uno stropicciamento affatto menomissimo per eccitare alcuna elettricità assai sensibile in tali corpi, che siano ben asciutti; nello staccarli dal vase, in che siano stati fusi, nello estrarne, nello spiegare una carta, in cui sieno stati custoditi ecc. è quasi impossibile evitare alcun picciolissimo soffregamento bastantissimo ad ingannare. Ma prendete per un capo un assai lungo bastone di ceralacca, di solfo ecc. scaldatelo comunque, e poi lasciatelo raffreddare, tenendolo sempre pel medesimo capo e badando di non toccarlo altrove, e di non lasciare che tocchi altro corpo, nè mai potrete trarre con esso un mobilissimo filo; ma ove tocchi altro corpo tostamente lo trarrà » ⁽²⁾.

Alle quali osservazioni aggiunge il Volta, che la materia fusa abbandonata onninamente a se stessa, tanto è lungi dal contrarre alcuna

(1) Pianciani, *Istituzioni fisico-chimiche*, lib. IV, cap. XV.

Zantedeschi, *Trattato di fisica*, vol. III, parte II, pag. 141.

(2) *Elettricismo artificiale*, pag. 7.

elettricità, che anzi perde quella qualunque, che, anche forte, avesse avuto prima della fusione. Nè ciò fa meraviglia: giacchè tutti i corpi coibenti, per forte grado di calore, diventano conduttori; e i corpi resinosi in ispecie lo sono già, quando si trovano molto rammolliti, e molto più allorchè cominciano ad entrare in fusione (1).

VII.

Altre sorgenti di elettricismo, diverse dalle azioni meccaniche e fisiche, delle quali abbiamo finora discusso, si ritrovarono nel secolo passato. A squilibrare e muovere l'elettrico fluido ne' corpi, Alessandro Volta dimostrò essere altresì capaci le chimiche azioni. Diciamo che questo ritrovamento debbesi al genio del Volta, abbenchè si voglia da taluni fisici, ed anche da chiarissimi scrittori, attribuirne il merito principale ai Francesi Lavoisier e Laplace, od almeno dividerlo in ugual parte fra questi ed il Volta. — Per quanto autorevole sia la opinione dell'illustre Arago, nel quale niuno è, che non riconosca l'elevatezza della mente e la importanza dei servigi resi alla scienza; per quanto nobili, e di lui degne, siano le parole, con le quali scioglie la questione; per quanto infine rispettabili ed onorandi siano i nomi di Lavoisier e di Laplace, ai quali la chimica, la fisica, e l'astronomia debbono molte, belle, ed importanti scoperte, tuttavia crediamo che a formare il giudizio sull'accennata scoperta valga, senz'altro, la semplice esposizione dei fatti, e delle circostanze, che li precedettero ed accompagnarono (2).

(1) Collez. opere di Volta. *Memoria del Condensatore*, tom. I, parte I, pag. 228.

(2) Così scrive l'illustre biografo del Volta:

« Quasi tutti i fisici attribuiscono i fenomeni elettrici a due fluidi di natura diversa, che, in certe circostanze determinate, vanno ad accumularsi separatamente sulla superficie dei corpi. Questa ipotesi conduceva naturalmente alla ricerca della sorgente, da cui emana la elettricità atmosferica. Il problema era importante. Una esperienza delicata, benchè per sè semplicissima, ne indicò la soluzione.

« In questa esperienza, un vaso isolato, da cui si evaporava l'acqua, diede al condensatore di Volta degli indizi manifesti di elettricità negativa.

Ricordansi da tutti gli scrittori di fisica le sperienze fatte dal Volta in Parigi nel 1782: e noi qui pure le ricorderemo con le parole stesse, con cui il Volta le descrive nella sua memoria sul condensatore, presentata alla Società Reale di Londra.

« Duolmi di non poter dire con piena certezza, a chi veramente appartenga questa esperienza capitale. Volta riferisce in una sua memoria, che aveva di già fin dal 1778 avuto in animo di farla, ma che, impedito allora da varie circostanze, non fu che a Parigi, e nel mese di marzo 1780, ch'essa gli riuscì *in compagnia* di alcuni membri dell'Accademia delle scienze. D'altra parte Lavoisier e Laplace, all'ultima linea della memoria, che pubblicarono intorno allo stesso argomento, dicono solamente: *Volta volenteroso ci assisteva, aiutandoci nelle nostre esperienze.*

Come conciliare insieme due nozioni così contraddittorie! Una nota storica, pubblicata dallo stesso Volta, è ben lontana da levare ogni dubbio. Questa nota, attentamente disaminata non dice in modo esplicito, nè a chi appartenga l'idea della esperienza, nè quale dei tre fisici divinasse la sua riuscita al condensatore. Il primo tentativo, fatto a Parigi da Volta e dalli due dotti francesi riuniti, fu infruttuoso, perchè lo stato igrometrico dell'aria non era favorevole. Pochi giorni dopo, alla campagna di Lavoisier, i segni elettrici diventarono manifesti, benchè nulla si fosse cambiato nello strumento di osservazione. Volta non assisteva alla ultima prova.

E questa circostanza è stata l'origine di tutte le difficoltà. Alcuni fisici, in tesi generale, ammettono, senza ulteriore esame, siccome inventori coloro, che primi arrivano, con lo aiuto della esperienza, a constatare la esistenza di un fatto. Altri non vedono che un merito secondario nel lavoro, a loro giudizio, quasi materiale del tutto, che richiede la esecuzione di una esperienza, riservando tutta la stima loro per quelli, che l'hanno progettata.

Questi principi sono entrambi troppo esclusivi. Pascal incaricò il suo cognato Perrier di fare l'ascensione del Puy-de-Dome per osservare il barometro, eppure il nome di Pascal è il solo, che si accoppi a quello di Torricelli, quando si parla delle prove sperimentali della gravità dell'aria.— Mitchell e Cavendish allo incontro, nell'opinione dei dotti, non hanno con altri comune il merito della celebre loro esperienza sull'attrazione dei corpi terrestri, benchè prima di loro si fosse ben sovente pensato di farla; e qui realmente tutto consiste nella esecuzione della esperienza. Il lavoro di Volta, di Lavoisier e di Laplace non rientra in alcuna delle due categorie ora accennate. Io ammetterò, se così vuoi, che un uomo di genio poteva da solo immaginare, che la elettricità concorra alla generazione dei vapori; ma per sottrarre questa idea dalla sfera delle semplici ipotesi, bisognava avere dei mezzi particolari di osservazione, ed anche de' nuovi strumenti. Quelli di cui si sono serviti Lavoisier e Laplace, erano dovuti a Volta. Vennero costruiti a Parigi sotto gli occhi di lui; ed egli stesso assisteva ai primi saggi di tale esperienza. Queste prove così frequenti di una collaborazione diretta, collegano incontestabilmente il nome di Volta alla teoria della elettricità

« Le prime sperienze, egli dice, sono state fatte a Parigi in compagnia di due fisici illuminati, e membri dell'accademia R. delle Scienze. Furono questi il sig. Lavoisier, e il sig. De la Place. Egliino concepiron meco la speranza d'un felice riuscimento, quand'ebbi loro mostrato gli effetti del mio *condensatore*, e spiegata la ragione dei fenomeni. Conseguentemente il sig. Lavoisier ne ordinò un grande col piano di marmo bianco. I primi tentativi da me fatti con questo, in compagnia del sig. De la Place, sull'evaporazione dell'acqua, e dell'etere, non furono coronati dal successo; ma il tempo era cattivo, la stanza troppo piccola, e ingombra di vapori, e l'apparato non troppo ben in ordine. All'incontro quelli, che ripeterono lo stesso sig. De la Place e sig. Lavoisier, ad una campagna di quest'ultimo, ebbero buon riuscimento. La qual cosa ci invogliò a ripetere e moltiplicare le esperienze; e il successo fu completo, avendo ottenuto segni chiarissimi di elettricità dall'evaporazione dell'acqua, dalla semplice combustione di carboni, e dall'effervescenza della limatura di ferro nell'acido vitriolico diluto. Ciò avvenne il giorno 13 aprile, e la maniera di far l'esperienza fu questa: si isolò in un aperto giardino una gran lastra di metallo, alla quale era attaccato un lungo filo di ferro, che veniva a terminare in contatto dello scudo, o disco posato sul piano di marmo, e questo tenevasi continuamente asciutto, e caldo da alquanti carboni sottoposti (1).

dei vapori; ma tuttavia chi oserebbe, senza l'appoggio di una dichiarazione contraria e positiva di questo grande fisico, asserire che la esperienza non fosse intrapresa per suggerimento dei due accademici francesi? Nel dubbio in cui siamo non sarebbe forse naturale al di quà, come al di là delle Alpi, di non disgiungere i nomi di Volta, Lavoisier e Laplace parlando di questi fenomeni; cessando così di vedere in ciò una malintesa questione di nazionalità, od un soggetto a virulenti polemiche, le quali appena troverebbero una scusa, se non vi fosse qualche oscurità in tale questione »?

V. *Arago. Notices biografiques de Volta. Oeuvres complètes*, tom. I, pag. 208.

(1) Il condensatore del Volta è formato, siccome vedremo, di due dischi metallici, separati da un sottile strato di materia eoilente; oppure di un disco semicoilente, al quale si sovrappone, senz'altro, un disco metallico. Se questi dischi son disposti orizzontalmente, come nel più de' casi, l'inferiore dicesi *base*, e scudo il superiore.

Ciò fatto, ponemmo sulla detta lastra isolata alcuni bracieri ripieni di carboni mezzo accesi, e lasciammo che la combustione, aiutata da un gentil vento che spirava, andasse rinforzandosi per alcuni minuti: allora rimuovendo lo scudo dal contatto del filo metallico, e quindi da quello del marmo, con alzarlo al consueto modo, ci comparvero i segni aspettati di elettricità, mentre accostato al nuovo elettrometro del sig. Cavallo, fece che si aprissero i due fili colle pallottoline: esaminata questa elettricità si trovò essere negativa.

Si ripeté l'esperienza ponendo sulla lastra isolata, invece dei bracieri quattro vasi, con entro limatura di ferro e acqua, quindi versando in tutti quattro a un tempo abbastanza d'olio di vitriolo per far sorgere una furiosa effervescenza: quando il più forte bollore cominciava a cadere, allora fu che rimosso ed esplorato lo scudo, non che muovere i fili dell'elettrometro a qualche distanza, ci diede una sensibile scintilla. Anche qui l'elettricità si riconobbe essere negativa.

Pochi giorni dopo ripetenmo le esperienze in una grande stanza, estendendole, alle altre effervescenze che producono l'aria fissa e l'aria nitrosa, con buon successo: l'evaporazione sola dell'acqua produsse segni debolissimi, talchè ebbimo pena a determinare di quale specie fosse l'elettricità: anzi di tre volte due ci parve che fosse positiva; ma v'è luogo a credere, ed io giudico certamente che sia stato un errore. Ancor passati alcuni giorni si ritornò alle sperienze, essendo di compagnia anche il sig. Le Roy, membro esso pure dell'Accademia Reale; ma nè la combustione, nè la evaporazione dell'acqua, non dieder segni sensibili: di che accagionammo l'esser l'aria umidissima per tempo piovoso che faceva. Pur ne ottenemmo colla generazione dell'aria infiammabile nel momento della più viva effervescenza: e se la elettricità non fu questa volta così forte da scintillare, lo fu abbastanza perchè ne distinguessimo chiarissimamente la specie, che era negativa ».

Altre prove istituì ancora il Volta in Parigi ed in Londra, che egli stesso ricorda con le seguenti parole:

« Prima di lasciare Parigi (che fu il 23 aprile) volendo io mostrare qualche sperienza di questo genere ad un amatore di elettricità, e valente macchinista, sig. Billaux, una volta che mi trovai nel suo laboratorio, presi una giara di vetro, e sospesala ad un cordoncino di seta, vi misi i materiali per la produzione dell'aria infiammabile: aveva fatto entrare nella giara medesima un filo di ferro, in modo che toccasse la limatura, e l'altro suo capo sporgente venisse a comunicare coll'elettrometro sensibilissimo del sig. Cavallo. Quando la effervescenza fu salita al sommo, e la spuma sormontava i labbri del vaso, le palle scostandosi, dieder segno di elettricità; nè questa fu così debole, che non potesse conoscersi essere negativa ».

Il Volta soggiunge ancora: « le sperienze coll'evaporazione dell'acqua, che non avean troppo bene corrisposto a Parigi, ebbero, poco tempo dopo, miglior successo a Londra, quando mi suggerì l'espediente di gettare dell'acqua sovra i carboni accesi, ch'erano in un braciere isolato. L'effumazione rapida, che succede, non manca mai di elettrizzare il braciere negativamente, il quale dà segni abbastanza sensibili col solo elettrometro; e col condensatore, se è ben preparato, arriva a produr scintille. Si trovarono presenti la prima volta a queste sperienze in casa del sig. Bennet, grande amatore di elettricità, l'ab. Magellan, il sig. Cavallo ed il sig. Kirwan, membri della Società Reale, ed il sig. Walker lettore di fisica. Ci servimmo, per apparecchio condensatore, d'un picciolo scudo di elettroforo, e d'un piattello di legno, che si trovò al giusto punto semi coibente, il che è raro quando il legno non è inverniciato.

Un'altra volta in casa del sig. Cavallo riuscì l'esperienza, isolando un piccolo crogiuolo, con entro due o tre carboni accesi, e quindi versandovi un cucchiaino d'acqua: un filo di ferro, che toccava i carboni ed estendevasi fino all'elettrometro, vi portò sensibile elettricità, e

sempre negativa. Queste sono le sperienze, che fino ad ora ho avuto * occasione di fare (1) ».

Ora a quali dei tre primi sperimentatori debbesi il concepimento e il disegno di sì fatte sperienze? Non sembra forse da questa narrazione che al Volta sia dovuto, più che agli altri? — In tale giudizio vieppiù ci confermiamo, ricordando come il Volta già fin dal 1769, nella sua prima dissertazione sull'elettricità, indirizzata al padre G. B. Beccaria, fortemente sospettasse, che nelle soluzioni, nelle mescolanze dei liquidi, nelle effervescenze e nelle conflagrazioni ecc. succedesse uno squilibrio di fluido, tuttochè questo fosse per diverse cagioni inavvertito (2); ricordando finalmente le seguenti parole da lui

(1) Cioè fino al maggio 1782. Dopo tal tempo, dice il Volta, le ho replicate moltissime volte sempre con egual successo, e molte persone le hanno vedute.

V. Collezz. opere di Volta. Appendice alla *Memoria sul condensatore*, tom. I, parte I, pag. 270 e scg.

(2) Ecco con quali parole il Volta stabilisce la questione:

« Num in solutionibus, fluidorum mixtionibus, effervescentiis, conflagationibus, etc. quae ad chemiam pertinent, cum minimarum etiam particularum textus tot tantisque modis innovetur, viresque mutuae tam insigniter mutantur, ut nunc intensius, nunc remissius agere, ipso demum oculis perspiciamus, num, inquam, in his chemicis operationibus ignis electricus quidquam patiatur, quodque principis a me positus consentaneum est, electricitas aliqua exsurgat: quae si revera exsurgit, cur ergo signa nullatenus se produnt?

Equidem mihi persuasum est in omnibus hisce motibus, seu corporum alterationibus ignem electricum diverse affici, ipsumque varias vicissitudines subire, nempe confluere quo vis attractiva intensior evadit. Verum cum electricitatis phaenomena tunc solum hobeantur, cum viribus se restituantur, patet nulla habere posse electricitatis signa sensibilia. Atqui hic casus videtur esse eorum motuum, quos chemicos dicimus.

Sed et aliae esse possunt circumstantiae, quae electricitatem manifestari signis sensibilibus vetant, ac in huiusmodi tentaminibus diligentiam omnem eludunt. Licet enim ex. gr. vasa rite scjungere (isolare) curemus, num cavere possumus, quin effluvia, quae a corporibus ita cruciatis jugiter effunduntur, communicationem aliquam inducant, omnemque electricitatem, si quae forte exsurgit, citius disperdant? Aer etiam atmosphaericus, utcumque purus; quin et caetera corpora, quae cohibentia, nequaquam perfectae adeo cohibent, ut debilem aliquem electricitatis gradum in se recipere nequeant. Igitur non est mirandum irritò eventu haec succedere. Quanquam nec illud affirmare prorsus oulderem, nulla unquam in chemicis hisce operationibus obtineri posse electricitatis signa sensibilia. Quae ipse bac tenus institui super hac re tentamina, pauca admodum sunt: plura si ineam, eaque

scritte nella prima parte della sua memoria sul condensatore. « Si è cercato, egli dice, se il calore, le evaporazioni, le fermentazioni ecc. producono qualche grado di elettricità, ossia cagionino qualche alterazione alla dose naturale del fluido elettrico nei corpi, che subiscono coteste azioni, e in quelli che sono in contatto coi medesimi. La ricerca era di qualche importanza per fissar pure qualche idea sull'origine dell'elettricità naturale, ossia atmosferica. Io so di molti, che hanno tentato specialmente sull'evaporazione delle sperienze invano (Franklin, De Saussure, Wenly, Cavallo) e che hanno infine rinunciato alla speranza di ottenere per tal mezzo segni elettrici; nè so d'alcuno che sia ancor giunto ad ottenerli ».

« Le mie proprie sperienze non avevano avuto miglior successo; con tuttociò ben lungi di rinunciare ad ogni speranza, io le andava sempre più nudrendo. *Da gran tempo fissato mi era in mente che le dissoluzioni, le effervescenze, le volatilizzazioni ecc. sconvolgendo le minime particelle de' corpi, e forma, e posizione mutandone, dovevano coll'alterazione delle forze mutue di esse particelle, aumentare o diminuire le rispettive capacità de' corpi medesimi sottoposti a quei moti intestini (le capacità, dico, a contenere il fluido elettrico); e conseguentemente occasionare dove condensazione, dove rarefazione di esso fluido; io ne era così persuaso, che non sapeva darmi pace, che l'elettricità non si manifestasse per alcuno di tai processi.* Da tal mancanza di segni pertanto io ne accagionava parte alla debolezza dell'elettricità, che per tal modo si eccitava, parte alla dissipazione di essa prodotta dai vapori medesimi, che si sollevano durante il processo, e distruggono

accurationa, uti quidem est animus, non utique despero rem mihi aliquando ex voto succedere posse. Neque vero solus ego sum, qui huiusmodi experimentis, utpote quae plurimum lucis asferre possint, curam impendere decreverim; nam et Tu, Vir sollertissime, ante aliquot annos huc animum adjeceras, ut intelligeres quanta parte in motus, quos chimicos dicunt, igne electrico efficerentur. Dolendum tamen est, si quae detexeris, ea nos adhuc latere.

V. De vi attractiva ignis electrici, ad Joannem Baptistam Beccariam disertatio epistolaris, pag. 22 e seg.

intieramente quasi l'isolamento: mi compiaceva però sempre a pensare che l'avrei un giorno potuta scoprire cotesta elettricità fugace, moltiplicando le sperienze, e mettendovi più d'attenzione e di accuratezza. Due anni sono, allorchè fui passo passo condotto alla maniera di condensare a un segno sì grande l'elettricità coll'apparecchio qui descritto, i miei pensieri si rivolsero nuovamente all'oggetto delle antiche mie ricerche, e concepì molto più fondata speranza di poter iscoprire qualche cosa, e già mi proponeva di applicarmi a tali sperienze, quasi presagendone la riuscita, ma varii accidenti le ritardarono fino al marzo e aprile di quest'anno (1782), in cui intraprese avendole a Parigi, in compagnia di alcuni membri dell'accademia R. delle Scienze, mi riuscì finalmente di ottenere segni non dubbi di elettricità (che dico segni non dubbi? fin la scintilla elettrica) dall'evaporazione dell'acqua, dalla semplice combustione dei carboni, e da varie effervescenze, segnatamente da quelle che producono l'aria infiammabile, l'aria fissa, e l'aria nitrosa » (1).

Dopo ciò se il Volta scrivendo nel 1786 a Lichtenberg disse essere certo che il fenomeno singolare dell'elettricità svolgentesi coll'infonder acqua sul ferro o rame roventi, tiene alla natura medesima di questi metalli calcinabili (ossidabili) dall'acqua, cioè all'alterazione che ne soffrono essi, ed a ciò che soffre l'acqua medesima, incorporandovisi in parte; non già all'evaporazione come tale (2): non v'ha ragione per cui ad altri debbasi attribuire il merito di aver stabilito un tale fatto. Il quale dimenticato per parecchi anni, divenne poscia, all'aprirsi del secolo attuale, il principio di una serie di scoperte affatto maravigliose.

Altrove tratteremo della elettricità che sorge dal contatto di corpi eterogenei, e di quella che è propria degli animali.

(1) Collez. opere di Volta, tom. I., parte I, pag. 246. — V. inoltre Tom. I, parte II, pag. 148, e seg.; e pag. 201: dove il Volta dichiara esplicitamente sua la scoperta dell'elettricità in meno prodotta dalla evaporazione.

(2) Id. Lettera VI a Lichtenberg, tom. I, parte II, pag. 224.

SEZIONE QUINTA.

Distribuzione del fluido elettrico sulla superficie dei conduttori isolati.

Sperienze del Lemonnier, del Franklin, del Saussure e del Beccaria

— *Ricerche del Volta intorno alla varia capacità dei conduttori elettrici* — *Risultati delle sperienze di Coulomb intorno alla distribuzione dell'elettrico sovra i conduttori di qualunque forma; e sulla disperdizione dell'elettricità* — *Sperienze del Nollet, del Beccaria e di Epino intorno al vario grado di resistenza dei corpi coibenti, e segnatamente del vetro, al fluido elettrico.*

I.

Dopo che nella costruzione e nell'uso delle macchine elettriche si adottò la modificazione, suggerita da Boze, di accostare ai globi o ai cilindri delle medesime dei conduttori metallici isolati, per raccoglierne la elettricità svolta per lo strofinamento, si dovette pensare alla miglior forma da darsi a questi conduttori. Ma per ciò conveniva innanzi tutto determinare quale fosse il modo di distribuzione della elettricità sui medesimi; se cioè l'elettrico fluido si diffondesse per entro alla massa, ovvero rimanesse alla superficie dei conduttori; il che torna nel dire se l'elettricità si distribuisse in ragion delle masse, ovvero delle superficie.

Abbenchè strettamente connessa con le miglurie, che s'andavano allora introducendo nella costruzione degli elettrici apparecchi, l'accennata questione non ebbe il suo scioglimento, che dopo i bellissimi lavori del Volta e del Coulomb. — Tuttavia prima di essi il Boze, il Lemonnier, il Franklin, il Saussure, e specialmente il Beccaria già ne avevano preparata ed affrettata la soluzione.

Sin dal 1744 Boze aveva notato come fosse difficile lo elettrizzare in poco tempo, e con qualche forza, corpi assai massicci d'ogni parte rotondati: e quasi al tempo stesso Gordon aveva, con apposite sperienze, riconosciuto che lo spirito di vino più facilmente si accendeva a capo d'una catena di determinata lunghezza, che non a capo di un'altra di lunghezza minore (1).

L'abate Nollet, nell'anno 1746, si propose di ricercare se la elettricità si comunicasse ai corpi in ragion delle masse, o in ragione delle superficie, e se una particolare figura, o determinate dimensioni del corpo elettrizzato, potessero contribuire a renderne più sensibile la elettrica virtù. Mentre egli attendeva a queste ricerche il Lemonnier presentava all'Accademia delle scienze di Parigi i risultati delle sue sperienze indirizzate al medesimo fine: « Un portavoce in latta, del peso di circa 40 libbre, e lungo da 8 a 9 piedi, gli parve scintillasse con altrettanta ed anche maggior forza e vivacità, che una sbarra di ferro, assai corta, la quale pesava 80 libbre. — La scintilla, che usciva da una sfera di piombo elettrizzata, pungeva precisamente come quella, che sprigionavasi da una lastra dello stesso metallo, di lunghezza e larghezza rispondenti alla superficie della sfera. — Una striscia di piombo laminato scintillava maggiormente quand'era distesa per tutta la sua lunghezza, che quand'era avvolta e ripiegata sovra se medesima ecc. » — Dai quali fatti conchiudeva il Lemonnier che la comunicazione dell'elettricità si faceva piuttosto in ragion della superficie, che non delle masse (2).

Meno espliciti, ed anzi in parte diversi, sono i risultati, che il Nollet ottenne dalle molte sue sperienze, che pur furono posteriori a quelle

(1) Si corpus nimiae molis et utrumvis obtusum rotundatumque electrificandum immediate globum tangere jubeas, paulo difficilior res succedit; plus temporis requisitur, ac longe minores vires inde exorientur etc.

Boze. *Tentamen electric.*, pag. 83.

(2) *Mémoires de l'Acad. des sciences pour l'année 1746.*

La memoria di Lemonnier venne eziandio pubblicata nelle *Transazioni filosofiche* di Londra, Vol. X, pag. 338.

del Lemonnier. Trovò egli infatti che, a parità di superficie, una maggior massa è capace di elettrizzarsi meglio, che una minor massa della medesima materia, e che nel caso eziandio di masse uguali, non sempre da quella di superficie più estesa si traggono gli effetti maggiori. — Trovò quindi ancora che la virtù elettrica è maggiore nei corpi, le cui parti saglienti sono rotondate od ottuse; e che questa virtù eziandio si accresce col dare ai corpi una maggiore lunghezza, *purché questa tuttavia non ecceda di troppo le altre dimensioni* (1).

Giacquero per molti anni quasi ignorate le sperienze del Lemonnier; e dimenticata ugualmente rimase la bella ed originale sperienza istituita da Franklin nel 1753, già da noi ricordata, della catena raccolta in un recipiente elettrizzato, la quale dispiegandosi nell'aria accresce capacità al conduttore, e ricadendo nel vaso lo riduce alla primitiva capacità. Ma vuolsi qui dire che il Franklin istituendo lo accennato sperimento ad altro fine mirava, che non quello di mostrare la distribuzione del fluido elettrico sulla superficie dei corpi. Questo tuttavia egli vide in appresso, quando con una sfericciuola di sovero, appesa ad un filo di seta, toccò il fondo d'un vaso d'argento elettrizzato e non ebbe alcun segno elettrico.

Al Saussure ed al Beccaria si attribuisce generalmente dai fisici il merito d'aver stabilito definitivamente il principio, che la elettricità, non in ragione delle masse, si diffonde ne' corpi, sibbene in ragione della loro superficie. Primo il Saussure, nel 1766, prese ad esaminare l'esperimento di Franklin (2); precorrendo così di tre anni il Beccaria, che ne fece, tra le altre cose, oggetto di studio in una memoria indirizzata alla società R. di Londra, il 26 febbrajo 1769. Se non che in questo scritto, e poscia nella grande opera dell' « *elettricismo artificiale* » pubblicata nel 1772, il Beccaria per sì fatto modo variava il primitivo

(1) *Recherches sur les causes particulières des phénom. électriques*. Disc. IV, pag. 267.

(2) *Dissertatio de electricitate* etc. Genevæ, 1766.

sperimento di Franklin, e così evidenti risultati ne deduceva, che più a lui, che non a Saussure, ed a Franklin, anzi quasi a lui solo da tutti suolsi attribuire il merito di tale scoperta. Vuolsi d'altronde ricordare che egli primo, ripetendo le sperienze del Lemonnier nel 1753, già accennava come più attiva fosse la circolazione del fluido elettrico nei corpi nel senso della loro lunghezza, e se ne aumentasse l'intensità in ragione di questa medesima lunghezza. Lo sperimento principale, del *pozzo elettrico*, istituito dal Beccaria, per dimostrare che il fluido elettrico si distribuisce sulla superficie dei corpi, è tuttora nelle scuole conosciuto sotto il nome di lui, che così lo chiamava, e consiste nel calare una sfericciuola conduttrice ed isolata, entro un lungo ed alto cilindro metallico isolato ed elettrizzato, a toccarne il fondo. Così operando si vede che la sfericciuola non porge indizi di elettricità: li dà per contro sensibilissimi, toccando con la sfericciuola la faccia esterna del pozzo (1). — Intorno alla quale sperienza così scrive il Volta: « comecchè sia più che sufficiente questa prova di calare profondamente

(1) « Corpora satis alte mersa intra cavitatem satis arctam corporis deferentis, quamdiu ab omni exteriore corpore sunt accurate sejuncta, electricitatem nullam contrahunt ab electricitate, quo immittitur in corpus deferens cavum, nec quo tangunt faciem cavitatis, nec quae intra ipsum suspenduntur dissita ab ipsius facie. — Quae suspenduntur intra cavitatem dissita ab ipsius facie, quam primum communicant cum corpore exteriore, adipiscuntur electricitatem contrariam electricitati immissae in corpus cavum; et proportionalem capacitati corporis exterioris, quo cum communicant. — Atque tunc solum aequalis pars electricitatis immissae in corpus cavum explicat se in faciem interioriorem cavitatis, et in corpora, quae ipsam tangunt, ceu in partes ejus faciei ».

. *De atmosphaera electrica J. B. Beccariae ex Scholis Pizae ad R. Londinensem Societatem.* — Taurini, 26 februarii 1769. Theorema V.

Il Beccaria chiamò *pozzo elettrico* un vaso cilindrico di latta, alto 15 pollici e largo 6 $\frac{1}{2}$, isolato sovra una tavoletta a piede di vetro; chiamò *saggiatore* un elettroscopio formato di due sfericciuole di sovero, sospese per sottilissimi fili ad un bastoncino di ceralacca, che egli introduceva nella cavità del pozzo. A ciò si servì pure della *secchia elettrica*, formata da un vasellino cilindrico di latta, sorretto da tre fili di seta, alto e largo due pollici, coi contorni arrotondati, perchè non *traesse* la elettricità.

Chi voglia conoscere minutamente le curiose sperienze istituite dal Beccaria con questi semplici apparati, legga, oltre l'accennata memoria, l'art. II, del capo III dell'*Elettricismo artificiale*.

nella cavità del pozzo elettrizzato un corpo conduttore perfettamente isolato, il quale non ne riporta punto di elettricità, a me piace più, ed è più palpabile quest'altra prova: accosto la secchia pendente dal filo ad un lato esteriore del pozzo, o all'orlo, e veggo che ne trae una scintilla, e capisco che l'elettricità si comparte dal pozzo alla secchia in ragione delle rispettive capacità. Allora immergo la secchia così elettrizzata nella cavità del pozzo fin verso il fondo, e vedo che là torna a vomitare la scintilla; restituendo al pozzo la elettricità da esso poc'anzi ricevuta: infatti tratta fuori la secchia, trovo che ha smarrita ogni elettricità. Un sol grado non ne vuol dunque stare nell'interno dei corpi, ma tutta quanta l'elettricità si porta e si raccoglie sulla faccia esteriore » (1).

Dagli sperimenti del Franklin e del Beccaria ne vennero poscia quelli notissimi della *sfera cava* di Coulomb, degli *emisferi cavi*, del *verricello elettrico*, del *cannocchiale elettrico* ecc.

II.

I risultati ottenuti dal Saussure e dal Beccaria indirizzarono Alessandro Volta a ricercare le condizioni, dalle quali poteva dipendere la varia capacità dei conduttori elettrici. Ignorava questi che già il Lemonnier l'avesse in così fatte sperienze preceduto (2). Gran caso d'altronde non erasi fatto dagli elettricisti della scoperta del Lemonnier, giacchè nella costruzione delle macchine elettriche si continuò tuttavia ad usare grosse sfere e cilindri, all'ufficio di conduttori. Tanta infine è la differenza nel numero e nella importanza dei risultati ottenuti dal fisico italiano, che ben si può dire con Arago, che se già erasi riconosciuto, che un dato corpo, vuoto o pieno, ha la stessa

(1) *Collez. opere del Volta*, tom. I, parte I, pag. 168.

(2) *Id.* sulla capacità dei conduttori elettrici, Lettera al sig. De Saussure, tom. I, parte I, pag. 213.

capacità elettrica, purchè costante rimanga la superficie; se già un'osservazione del Lemonnier indicava di più che, ad uguale superficie, la forma del corpo non è senza efficacia; è tuttavia il Volta, che primo stabilì questo principio sovra una solida base.

I risultati, che ottenne dalle sue sperienze, son raccolti in una lettera, che intorno *alla capacità dei conduttori elettrici* scrisse al Ginevrino De Saussure nel 1778. — Dimostra in essa, che di due conduttori, d'ugual superficie, fra loro quello ha maggior capacità, che di tal dato volume più gode in lunghezza, che non in larghezza o in grossezza, con la seguente prova. Prese tre cilindri di legno, il primo della lunghezza d'un piede, e del diametro di quattro pollici; il secondo lungo il doppio e la metà men grosso; il terzo lungo otto volte di più e altrettanto men grosso: tutti perciò di uguale superficie, cioè di un piede quadrato, senza tuttavia contare quella delle teste, per cui il vantaggio sta dalla parte del cilindro più grosso; tutti poi finalmente inargentati, per farli ugualmente conduttori. E trovò che l'elettricità, lungi dal raccogliersi in ugual copia su questi conduttori di uguale superficie, si accumulava, per l'opposto, più sul secondo, che sul primo, e più sul terzo, che non sugli altri due presi insieme.

Era dunque posta fuor d'ogni dubbio, con questo sperimento, la prevalenza, in capacità, di quello tra i conduttori di ugual superficie, che supera gli altri in lunghezza, quanto ad essi è inferiore in grossezza. Prevalenza, dice il Volta, notabilissima, e che dovrà d'ora innanzi determinarci ad abbandonare i grossi cilindri, o cannoni usati, per sostituirvene dei sottili, ma altrettanto più lunghi.

Ma, soggiunge, non vi sarà poi limite alcuno da osservarsi circa questo assottigliamento di conduttori, compensato per conto di lunghezza? — Sì. Vi è quello suggerito dalla facile dispersione dell'elettricità, che spruzza da sè nell'aria, quando il cilindro sia più piccolo d'un grosso filo d'ottone. E il Volta avvisò la lunghezza di sei linee nei bastoni di legno inargentati più che sufficiente per l'elettricità,

cho vi si voglia portare a qualunque tensione. Del resto tutto quello di ampiezza, che uno cerchi di dare alla superficie del conduttore, acciò divenga capace di una gran dose di elettricità, vuol essere in pura lunghezza.

Guidato da questi principi il Volta si procacciava un conduttore con 12 bastoni della lunghezza di sei piedi, dell'accennata grossezza di sei linee, disposte in una sola fila, oppure in file parallele. Sovra una lunghezza di 96 piedi, questi sottili bastoni non avevano maggior superficie di dodici piedi quadrati: eppur vibravano tale scintilla, e davano a lui, ed a più altre persone, che formassero la catena, toccando l'ultima di esse un filo di ferro comunicante col suolo, una tal commozione, che solo poteva paragonarsi a quella, che si trae dalla boccia di Leida, o dall'apparecchio immaginato da Wilke ed Epino per elettrizzare una *lamina d'aria*, del quale parleremo altrove (1).

III.

Le scoperte del Volta intorno alla forma dei conduttori meglio atte ad accrescere la capacità per l'elettrico accennavano ad una questione più generale: cioè alla ricerca del modo di distribuzione del fluido elettrico sovra corpi di forma qualsivoglia, e sovra i diversi punti della superficie di un medesimo corpo. Erano queste indagini importantissime, come ognun vede, per il progresso della elettrologia. Ben si conveniva pertanto che fossero le medesime continuate da un uomo, che ad una mente esercitata nella contemplazione de' naturali fenomeni, ad un'immaginazione feconda in artifizi per svelarne i misteri, accoppiasse una singolare destrezza, non meno nel maneggiare strumenti, che nel ridurre a matematica espressione i risultati dello sperimento. — Tale si addimostrò Coulomb, e nelle questioni di

(1) *Collez. opere del Volta*. Sulla capacità dei conduttori elettrici, tom. I, parte I, pag. 167.

meccanica, che egli felicemente risolse, e nelle dottrine elettriche e magnetiche, al progresso delle quali egli concorse così, da prender posto tra i fisici più chiari del secolo passato (4).

Il carattere, che distingue un corpo conduttore, dice De la Rive, è la facilità con cui in esso l'elettricità si propaga. Tocchisi un punto qualunque d'un conduttore isolato con un corpo elettrizzato, e tutti i punti del medesimo saranno elettrizzati. Facciasi comunicare col suolo un punto solo di questo conduttore elettrizzato, toccandolo, ad es., con la mano, e tutti gli altri punti non avranno più elettricità. Ma questo fluido, che in siffatta maniera si diffonde in tutti i punti della superficie del conduttore isolato non penetra nella massa, e il modo di sua diffusione non dipende che dalla superficie del corpo, e dalla forma di questa superficie. Questo volle Coulomb dimostrare con l'esperimento e confermare col calcolo. — L'istrumento, cui ricorse, è la stessa *bilancia elettrica* da noi già descritta: alla quale aggiunse un *piano di prova* formato d'un bastoncino di gomma lacca d'una linea di diametro, portante all'estremità un disco di carta dorata.

I risultati ottenuti da Coulomb formano l'oggetto delle ultime tre fra le sei memorie, che presentava, intorno all'elettricità, all'Accademia delle Scienze di Parigi negli anni 1786, 1787 e 1788.

(4) Carlo di Coulomb nacque ad Angoulême in Francia, nel 1736, e morì nel 1806.

Occupò cospicui gradi nella milizia e quindi nell'amministrazione. Fu ispettore generale dell'università in Francia, e membro dell'Istituto e dell'Accademia delle scienze, alla quale presentò le sue memorie scientifiche.

La prima di esse è del 1785, e riguarda la elasticità dei fili metallici e la maniera di determinarla.

Altre sei memorie presentò successivamente, dal 1786 al 1788, riguardanti le sue scoperte nell'elettricità.

Nella prima dimostra la legge della ripulsione elettrica. — Nella seconda la legge dell'attrazione. — Nella terza ricerca le cagioni del disperdimento dell'elettricità e pel contatto dell'aria e per l'imperfetta coibenza dei sostegni isolatori. — Nelle tre ultime discute le leggi della distribuzione del fluido elettrico sovra i conduttori isolati.

Egli giovò pure ai progressi della meccanica con le sue scoperte intorno agli attriti e alle resistenze dei mezzi, delle quali pubblicò i risultati nel X volume delle *Mémoires des savants étrangers*.

Con sperimenti diversi da quelli dei fisici, che lo avevano preceduto, egli dimostra la distribuzione dell'elettricità sulla superficie dei corpi.— Elettrizzò una sfericciuola di rame, del diametro di otto linee, e misuratane la carica con la bilancia di torsione, la toccò poscia con altra uguale sfericciuola non elettrizzata, e vide che, nel contatto, la prima cedeva a questa la metà del fluido, che possedeva. Rinnovò lo sperimento del contatto, servendosi, per toccare la sfera elettrizzata, di sfericciuole massiccie e vuote, di piombo, di stagno, d'un metallo qualunque, di legno, di sovero, ma tutte di ugual grandezza della sfera elettrizzata, e trovò che questa cedeva sempre ugual dose di elettricità, ossia la giusta metà di quanto ne aveva. Il che manifestava chiaramente che la elettricità si trattiene alla superficie dei corpi, per ciò che, se anco alle particelle interne si diffondesse, la sfera piena dovrebbe riceverne più della vuota ecc.

Confermò questi risultati con la esplorazione diretta del fondo di una sfera cava, mercè il piano di prova: il quale portato successivamente alla bilancia, non determinava alcuna deviazione. — Li confermò finalmente col ricoprire una sfera elettrizzata con due emisferi metallici tenuti con manichi di vetro: i quali staccati con destrezza dalla sfera, interamente la spogliavano dell'elettricità, e ne rivestivano la loro interna superficie.

A riconoscere quindi la modificazione, che la forma generale dei corpi induce nella distribuzione del fluido elettrico sulla loro superficie, Conlomb servivasi pure del piano di prova, che, messo prima e successivamente a contatto dei diversi punti della superficie d'un conduttore elettrizzato, portava poscia ogni volta alla bilancia di torsione. E così operava per ciò, che il piano di prova si confonde col punto stesso che tocca, e diviene quasi parte della superficie: onde riceve l'istessa carica elettrica del punto, con cui viene a contatto. — Con tale metodo giunse Coulomb a riconoscere che due sfere uguali, in contatto, elettrizzate e poscia disgiunte, manifestano uguale tensione;

e che in due sfere di diverso diametro, diversa pure è la carica: maggiore nella sfera più piccola e tanto più, quanto il diametro suo è minore di quello della prima sfera.

Ricercando la densità elettrica sui diversi punti della superficie di due sfere uguali e poste a contatto, scuoprì che la densità del fluido elettrico libero è nulla dal punto di contatto sino alla distanza d'un arco di 20° ; incomincia a farsi sensibile dai 20° ai 30° ; e cresce dapprima rapidamente sino a 60° ; poi meno sino a 90° ; manifestandosi poscia pressochè uniforme sino ai 180° . — Che se le due sfere hanno un diametro disuguale e nel rapporto di 2 : 1, la densità elettrica, nulla ancora al punto di contatto, si manifesta a tutta prima maggiore nella sfera più grande; cresce in seguito più rapidamente sulla piccola, e, alla distanza angolare di 180° dal punto di contatto, trovasi sopra questa la maggiore densità.

Coulomb studiò parimenti la distribuzione dell'elettrico sopra un maggior numero di globi uguali, posti in contatto, coi loro centri sopra la stessa linea retta. Sperimentando successivamente sopra una fila di sei, di dodici, di ventiquattro sfere, ricercò quanta fosse la progressiva diminuzione dal primo, al secondo, al terzo ecc. e trovò che in generale mentre la densità lentamente cresceva da quelle di mezzo alle seguenti, cresceva per contro rapidamente dalle penultime due alle estreme della serie.

Pose un disco circolare, del diametro di 46 pollici, in contatto con una sfera elettrizzata, del diametro di 8 pollici, e disgiungendoli poseia trovò sul disco una quantità del fluido doppia di quella rimasta sulla sfera. Il che appunto accenna che il fluido si è ripartito in ragione delle rispettive superficie (1).

Sottopose quindi a prova i cilindri metallici di vario diametro e terminanti in emisferi, e trovò minima la densità nei punti di mezzo e

(1) Vuolsi qui riflettere, che nel calcolo della superficie del disco, vogliansi computare, come è ben naturale, le due faccie del medesimo, anteriore e posteriore.

massima alle estremità. — Servendosi di cilindri del diametro di due pollici, e di lunghezza variabile dai 15 ai 30 pollici, e ponendoli in contatto di una sfera del diametro di 8 pollici, trovò che la densità media di quelli e di questa stavano fra loro :: 1, 3 : 1. Questo rapporto variava poi col diametro dei cilindri per modo, che la densità elettrica in un cilindro, di due linee di diametro e di cinque linee di lunghezza, stava alla densità della sfera :: 2 : 1 ; finalmente se questo cilindro aveva una lunghezza maggiore di sei pollici il rapporto delle due densità era :: 8 : 1. — Questo rapido aumento nelle densità del fluido elettrico verso le estremità dei conduttori, e quando progressivamente scemano in grossezza, e crescono in lunghezza, fu da Coulomb verificato nei conduttori prismatici medesimamente che nei cilindrici.

A porre in maggior luce i risultati ottenuti da Coulomb, crediamo utile il presentarne qui alcuni riassunti in uno specchio, il quale accenna il valore della densità elettrica sopra conduttori cilindrici di diametro diverso, ma tutti della lunghezza di 30 pollici, e posti per una loro estremità in contatto di una sfera del diametro di 8 pollici.

Dens. med. del globo, di 8 poll. di diam. . . . 1			
»	d'un cilindro, di 4 poll.	»	0, 85
»	»	2	»
»	»	1	»
»	»	6 linee di diam.	9, 00

Di qui apparisce chiaramente che la tensione elettrica verso gli estremi dei conduttori cilindrici elettrizzati va celeremente crescendo col progressivo diminuire della loro grossezza. Di qui si comprende la virtù *delle punte*, la quale non è già altrimenti quella, che fu supposta da Franklin, dal Beccaria ecc. cioè di attirare a se il fluido dei corpi elettrizzati, cui si accostano; sibbene di sperdere da se la elettricità in qualunque modo acquistata, e qualunque ne sia la specie. Il che operano in grazia della sottigliezza loro: onde avviene che il

fluido sovr'esse acquista facilmente quanta tensione gli abbisogna per reagire efficacemente contro la resistenza dell'aria, e così disperdersi in questa, o scagliarsi contro i corpi vicini, per neutralizzare il contrario fluido, onde sono investiti. Tale finalmente è il modo d'azione dei parafulmini: oltre quello di offrire, alla straboccante materia fulminea delle nubi temporalesche, una via facile ed innocua per scaricarsi nel *grande serbatoio elettrico*, che è la terra (1).

IV.

Avevano già osservato i primi elettricisti che nell'aria umida celeremente dissipavasi la elettricità, svolta sui corpi coibenti per mezzo dello strofinamento. Dopo che Grey insegnò il modo di elettrizzare eziandio i corpi conduttori, si riconobbe pure che il fluido elettrico, in essi diffuso per comunicazione, od anche svolto con lo stropicciamento, assai prestamente disperdevasi se umida era l'aria circostante, e se imperfetto era l'isolamento dei conduttori. Invero i corpi, che pur sono conosciuti come i migliori coibenti, son lungi dall'opporre una resistenza indefinita al disperdimento del fluido elettrico; a quel modo che neppure assolutamente resistono ad elettrizzarsi per contatto. Si applichi per alcuni istanti un cilindro di vetro, di solfo, di ceralacca, per una sua estremità al conduttore della macchina elettrica, e lo si troverà elettrizzato per buona parte di sua lunghezza. Adoperati pertanto come sostegni, ed isolatori dei cilindri metallici, non varranno ad impedire un flusso, lento sì, ma continuo sulla loro superficie, specialmente se questa è umida per cagion dei vapori sovr'essa depositi. D'altronde l'aria medesima, anche supposta non carica di vapori, che ne scemino la coibenza, sottrae continuamente dai corpi il fluido elettrico, che è libero sulla loro superficie; perciocchè in contatto con

(1) *Mémoires de l'Acad. des sciences de Paris pour l'année 1786*, pag. 73 e seg.

essi si elettrizza, e per ciò respinta cede il posto a nuovi strati, che a loro volta si elettrizzano e sono respinti: il quale elettrizzamento si fa a spese del corpo elettrizzato. Non era quindi senza importanza il ricercare le condizioni varie del disperdimento dell'elettricità, e specialmente il determinarne il valore. A ciò intese pure il Coulomb.

Per determinare la legge, secondo la quale avviene il disperdimento dell'elettricità nell'aria, Coulomb ridusse a minime dimensioni la superficie del corpo elettrizzato, e del sostegno isolatore, affinché lo sperdimento del fluido elettrico si potesse calcolare come interamente dovuto al contatto dell'aria. A questo fine attaccò ad un bastoncino di ceralacca, del diametro di mezza linea, e della lunghezza di 20 linee, una sfericciuola di midollo di sambuco, del diametro di 5 linee, e l'introdusse nella bilancia. All'estremità dell'ago della bilancia era pur collocata un'altra sfericciuola d'ugual materia e dello stesso diametro. Entrambe poscia le elettrizzò, toccandole semplicemente con uno spilletto, a grossa testa, elettrizzato: e vide la sfericciuola del bilanciere, respinta, deviare di parecchi gradi. Girando il micrometro in senso contrario, condusse il Coulomb la sfera mobile a soli 30.° di distanza dalla fissa, torcendo per ciò di 30.°, superiormente, il filo d'argento. La ripulsione elettrica pertanto faceva equilibrio ad una torsione di 30.°, più 60.°, ossia di 90.° Dopo dieci minuti dovette storcere il filo di 20.° superiormente, per ricondurre la sfera mobile alla primitiva distanza di 30.° Perciò la forza di ripulsione, che era, al cominciar dell'esperimento, di 90.°, dopo dieci minuti erasi già ridotta a 70.° — Si aveva dunque una media di 2.° per minuto, ossia $\frac{1}{30}$ della tensione totale, calcolata in media, nel citato sperimento, ad 80.°

Ripetendo in varia guisa, e modificando queste prove, ottenne i risultati seguenti: che la perdita per l'aria può essere calcolata, per ogni minuto, da $\frac{1}{30}$ ad $\frac{1}{60}$ della tensione totale, secondo il vario stato igrometrico dell'atmosfera; — che tale perdita si fa anco maggiore, se

la tensione è notevole, e l'aria alquanto umida. — Che in aria secca, rimanendo costante lo stato suo, termometrico, igrometrico e barometrico, le perdite risultano proporzionali alle tensioni elettriche. — Confermò altresì la pronta disperdizione, già da più fisici osservata, dell'elettricità nel vuoto della macchina pneumatica. — Trovò infine che la varia natura delle sostanze elettrizzate non modificava punto la dispersione pel contatto dell'aria: infatti riconosceva egli che il giorno in cui le sfericciuole di midollo di sambuco perdevano $\frac{1}{100}$ di loro elettricità per minuto, ugual parte n'era eziandio perduta da sfere di ceralacca e di rame, aventi le medesime dimensioni.

Coulomb misurò il disperdimento, che avviene per cagion degli isolatori, deducendo dalla perdita totale, la perdita dovuta al contatto dell'aria. Sperimentò sovra un filo di seta, come isolatore meno perfetto della ceralacca: e da queste sperienze gli risultò che la dispersione per gli isolatori è, per l'ordinario, maggiore di quella, che avviene per l'aria, e che tal differenza nel rispettivo disperdimento aumenta o diminuisce, secondo cresce o scema la tensione, giungendo ad un termine, in cui le due dispersioni si fanno uguali, e diventando pur anco la prima minore della seconda, ed insensibile e quasi nulla per debolissime tensioni. In quest'ultimo caso pertanto la carica residua si disperderebbe solamente per il contatto dell'aria.

Con una serie di sperienze comparative, sovra corpi isolatori di varie dimensioni, Coulomb riconobbe che in generale la perdita, che per essi avviene, del fluido elettrico s'aumenta, col crescere della superficie, ch'essi presentano alla dispersione, e col diminuire della lunghezza, ossia della distanza, che separa il fluido elettrico dai corpi conduttori, sui quali cerca diffondersi. Trovò egli che corpi molto sottili, e di una discreta lunghezza, sono perfetti isolatori per deboli tensioni: e credette di poter conchiudere eziandio, che sono tuttavia buoni isolatori per tensioni più forti, sempre che queste tensioni siano proporzionali alla radice quadrata delle lunghezze degli isolatori

medesimi. — Trovò poi variabile la facoltà isolatrice col variare della natura delle sostanze coibenti. Gli parve, ad es. che sottili cilindretti di gommalacca fossero atti ad isolare dieci volte meglio, che non fili di seta di ugual diametro e lunghezza⁽¹⁾. — In queste leggi dedotte da Coulomb trovano la loro spiegazione i fatti della durata, anche lunghissima, dello stato elettrico nel solfo, nelle resine, di cui ci parlano il Canton, Epino, il Cigna, il Barletti ecc.

Poniamo fine a questa breve rassegna di una parte dei lavori sperimentali dell'illustre fisico francese, osservando che i medesimi, quanto per numero, altrettanto furono per diligenza ed esattezza commendevoli. Essi infatti servirono di base ai lavori teorici dei valorosi matematici francesi Laplace e Poisson, e degli italiani Belli e Plana: e le deduzioni ricavate dall'analisi non si trovarono discordanti dai risultati ottenuti con l'esperienza. E questa crediam noi sia la miglior lode, che si possa dare a Coulomb⁽²⁾.

V.

Quante rapida si fa la comunicazione e la sottrazione del fluido elettrico ne'corpi conduttori, con altrettanta lentezza l'una e l'altra si compiono ne'corpi coibenti. — Voglionsi questi strofinare su tutta la loro superficie, o toccarne i singoli punti con corpi elettrizzati, per infondere dappertutto sovr'essi la elettricità. Debbonsi parimente toccare tutti i punti con un corpo conduttore, per scaricarli del fluido acquistato.

(1) V. in dissertazione III di Coulomb nelle memorie citate dell'Accad. di Parigi.

(2) Il Poisson condusse a compimento l'analisi, già abbozzata da Laplace, intorno alla distribuzione dell'elettrico alla superficie dei corpi perfettamente conduttori, e presentò le sue *Memorie* all'Accademia di Parigi negli anni 1811 e 1812.

La memoria del Belli « *Della distribuzione dell'elettrico ne'corpi conduttori* » fu pubblicata negli atti della Società italiana di Modena nel 1840.

La memoria del Plana « *Sulla distribuzione dell'elettricità alla superficie di due sfere conduttrici compiutamente isolate* » fu pubblicata, nel 1845, fra gli atti dell'Accademia R. delle scienze di Torino.

Questa proprietà delle materie idioelettriche fu conosciuta dai primi elettricisti. Sorse tuttavia questione, nel secolo passato, intorno al modo particolare di loro azione rispetto al fluido elettrico, che si eccita in esse per strofinamento, o ad esse si comunica per contatto di corpi elettrizzati. Franklin rivolgendo le indagini sue specialmente al vetro, siccome il corpo meglio acconcio, e quindi più comunemente adoperato, alle sperienze elettriche, lo giudicò assolutamente impermeabile al fluido elettrico. Pose anzi, siccome vedemmo, tale proprietà a fondamento della propria teoria. Fu questo il principio di una assai viva discussione fra gli elettricisti; volendosi il vetro da taluni permeabile, e da altri impermeabile al fluido elettrico.— Diamo qui almeno un cenno delle vicende di questa lotta, che fu sostenuta principalmente dal Nollet e dal Beccaria.

Primo, è quasi solo, a combattere la impermeabilità del vetro fu il Nollet, che vedeva nell'accettazione di questo principio la rovina della propria ipotesi. Egli espose i risultati delle sue osservazioni in una memoria presentata all'Accademia delle scienze nel 1753, e in parecchie lettere indirizzate a Franklin, le quali trovansi raccolte nelle « *Lettres sur l'électricité* » che il Nollet pubblicò in quell'anno medesimo (1). — A queste rispose il Beccaria in una lunghissima lettera scritta allo stesso Nollet, e stampata in fine del primo libro « *Sull'elettricismo artificiale e naturale* » (2).

(1) V. *Mémoires de l'Acad. des sciences de Paris pour l'année 1753*.

In questa memoria il Nollet dimostra da prima, che il quadro magico di Franklin non fu una novità per l'Europa, non essendo differente dalle lamine di vetro, che Jallabert elettrizzava, ponendole fra due metalli, od anche fra un metallo e la mano dello sperimentatore. — Spiega quindi, secondo la propria ipotesi, la carica del quadro magico. — Infine dice da lungo tempo conosciuta dai fisici di Europa la proprietà delle punte di attrarre la materia elettrica, e ricorda che, nel 1747, il Jallabert aveva già osservato, che uno spillo, accostato ad un corpo elettrizzato, attraeva più per la punta, che per la testa ecc. ecc.

V. eziandio *Lettres sur l'électricité*, parte I, lettere III e IV.

(2) Lettera di G. B. Beccaria delle Scuole Pie al chiarissimo signor Abate Nollet, dell'Accad. R. delle scienze, ecc. V. *Elettr. art. e natur.*, pag. 144 e seg.

Questa lettera, piena di scelte ed originali esperienze, fu tradotta e corredata

Secondo il Nollet, nella carica del quadro magico, il fluido elettrico dal conduttore si diffonde sovra una delle due armature, e sospinto da quello che gli vien dietro, penetra nella sostanza del vetro e lo trapassa, spandendosi sulla opposta armatura, dove si mantiene sino a che venga toccata da un qualche corpo, per cui possa liberamente trascorrere e disperdersi. — Il Beccaria dimostra che il fluido elettrico carica il vetro del quadro magico, senza punto attraversarlo. Ciò egli giudica dallo scorgere che vetri sottilissimi, cui il solo movimento dell'aria faceva piegare, asciutti e puliti, deposti sul quadro magico, non erano attraversati dalla scintilla, mentre lo sono cartoni di assai maggiore grossezza. Sperimentando al buio si vede bensì una debolissima luce tra l'arco conduttore e il punto del vetro, che ne è toccato. Ma che questa luce non provenga da elettricità, la quale abbia attraversato il vetro, agevolmente si riconosce da ciò che se questi vetri sottili si armino sovra le due faccie con foglie metalliche, allora quella tenue luce si cambia in scintilla, tanto più viva e rumorosa, quanto più estesi sono i vetri e le armature loro. I quali fatti accennano, che, nulla essendosi cambiato nella sostanza del vetro, che possa agevolare il passaggio dell'elettricità, ma solo avendo reso più facile lo scorrimento di essa sulla superficie, le scintille non provengono da fluido, che attraversi il vetro, bensì da fluido che, per mezzo dell'armatura, si stacca più facilmente dalla superficie toccata dall'arco,

di note dal fisico francese De-Lor. — Attendeva questo fisico a preparare sperienze per rispondere al Nollet, quando seppe della lettera del Beccaria: al quale proposito così scrive egli in capo alla traduzione fatta di questa lettera nel 1754.

«Avevo cominciato a lavorare con impegno (attendendo che Franklin rispondesse egli stesso al suo celebre avversario) quando ricevetti l'opera del P. Beccaria, col quale non aveva avuto prima relazione di sorta. Ed avendo visto come egli, nell'opera e nella lettera faceva quanto io m'era proposto (di esporre cioè al giudizio del pubblico le principali sperienze, che, nella loro concatenazione e nei loro risultati, appoggiano validamente le congetture di Franklin) e in un modo migliore di quanto avrei potuto fare io stesso, ed in tutto conforme ai principi da me abbracciati, ho creduto da parte mia di non poter fare cosa migliore, che approfittare della libertà, che egli m'ha lasciato, di render pubblica la sua lettera».

mentre la superficie opposta, che s'appoggia al quadro magico, ne riceve un'uguale quantità; e che la piccola luce, che dà il vetro nudo toccato dall'arco, è similmente la pochissima quantità, di che quel punto solo può spogliarsi. Infatti dopo estratta una di queste scintille da un simile vetro, armato sopra le due faccie, se si toccano entrambe la superficie ad un tempo si ha la scossa. — Aggiunge il Beccaria che, ancor'esso, il talco si carica, come il vetro, senza essere attraversato dal vapore elettrico.

Il Nollet trova contrarii all'impermeabilità del vetro, e il manifestarsi elettrizzate le faccie dei vetri opposte a quelle, che si presentano al conduttore della macchina, e le scintille che se ne traggono, e i movimenti che ne succedono nei corpi leggeri, e la grande durata di siffatti fenomeni. A chiarire questa difficoltà istituisce la seguente ingegnosa esperienza. In una campana di vetro, alta un piede circa, introduce una boccia, così che soltanto il collo di questa ne sia fuori, e l'unisce alla campana con mastice. Adatta poscia la campana alla macchina pneumatica, ed estrattane l'aria, mette dell'acqua nella boccia, e vi conduce l'elettricità per un filo di ferro, ed al buio osserva, che un'infinità di piccoli raggi stacciano, come egli dice, attraverso alla boccia, e si riuniscono a piccola distanza, formando poscia come un zampillo di luce. — Istituisce da ultimo il Nollet lo sperimento di una boccia votata d'aria, ermeticamente chiusa, avente il collo entro un tubo di latta: Unendo questo tubo al conduttore della macchina, zampilli di fuoco vivissimi scorrono, senza posa, nell'interno della boccia: ond'egli argomenta, che nel primo sperimento il fluido interno si diffonde all'esterno, attraversando le pareti del vetro: e similmente giudica, che il fuoco interno, nella seconda esperienza non può altrimenti provenire, che dal conduttore della macchina al tubo di latta, dal quale trapassa nel vetro.

Alle accennate difficoltà risponde il Beccaria coi fatti seguenti. I segni elettrici, che si hanno dalle superficie dei vetri opposte a quelle,

che si elettrizzano per eccesso, provengono dal vapore, di che si spogliano dette superficie, mentre quelle, che sono caricate per eccesso, ne ricevono un'uguale quantità. — Le scintille, che si hanno nelle due opposte superficie d'un vetro, che si carica, sono costantemente uguali, nè per esse scema punto l'elettricità del conduttore: onde « non sono esse il vapor che attraversa; che altrimenti non si caricherebbero i vetri, e cesserebbe in tale operazione l'elettricità del conduttore: ma sono nella superficie, che è unita al conduttore, il vapore che su essa si accumula, e nell'opposta un'ugual quantità, di che essa si spoglia ». — Finalmente, quanto alla durata dei segni elettrici, se si riguarda alla quantità di fluido elettrico, di cui la superficie de' vetri è fornita, si comprende come possa la medesima, per alcun tempo, risplendere, ed eccitar movimento, e, in una parola, spogliarsi del vapore, che in se stessa contiene. — Che poi la luce, che splende entro la boccia circondata dal vuoto, non provenga dall'elettricità portata dal conduttore nell'interno di essa, egli lo argomenta da che, cessando di elettrizzare il conduttore, e toccando per alcuni istanti il fil di ferro, che è immerso nella boccia, questa diviene tutta lucida internamente, e frattanto, come osservò lo stesso Nollet, nel medesimo istante si scorge la esterna superficie tutta irretita da piccoli fili di luce, che gradatamente s'indeboliscono, fino a che sieno spenti intieramente. E questa, secondo il Beccaria, è luce, che per il vuoto accorre a supplire il difetto di vapore sulla esterna superficie. — Quanto alla boccia scintillante internamente, partendo il Beccaria dal fatto, che i zampilli di luce son resi più vivi, se toccasi il fondo della boccia con la mano, osserva che frattanto nulla scema la elettricità del conduttore: il che pur dovrebbe avvenire, se il fuoco attraversasse dal conduttore entro la boccia, e poscia da questa nella mano. Onde inferisce che quei zampilli son formati dal fuoco stesso della interna parete del vetro, posto come in vibrazione dall'accumularsi del fuoco elettrico sulla esterna armatura della boccia.

Non seguiremo più oltre i due campioni, l'un dei quali nega e l'altro afferma, che la carica delle boccie di Leida e del quadro magico risiede sulla superficie del vetro e non sulle armature; — che le due faccie dei vetri sono contrariamente elettrizzate; — che nella carica tanto fluido emette una faccia, quanto l'altra riceve, ecc. Nella quale tenzone ognuno vede accapigliate la vecchia, ed oramai abbandonata l'ipotesi delle affluenze ed effluenze simultanee, e la giovane teoria di un fluido solo, che già viene accolta con universale favore.

Aggiungeremo solamente, che il Beccaria non pretendeva altrimenti, che ogni qualunque vetro fosse impenetrabile all'impeto di qualunque scintilla; ma bensì che il vetro resistesse al vapore elettrico a preferenza di altri corpi, e che non si caricasse, qualunque volta era attraversato dalla scintilla: il che solamente pensa essere essenziale per la teoria di Franklin. Ed ecco come egli stesso provò non essere il vetro assolutamente impermeabile. Soffiata alla lampada delle sottili sfericciuole, le riempiva di mercurio, od anche di acqua e v'introduceva un capo dell'arco conduttore; deposta quindi la piccola boccia sul quadro magico, toccava con l'altra estremità dell'arco conduttore la superficie inferiore del quadro. Scoccava così la scintilla attraverso alla parete del vetro, nella quale apriva un foro di due o tre linee, senz'altra fenditura. Ecco, dic'egli, che il fluido elettrico attraversa il vetro; ma appunto, attraversandolo, non lo carica, lo spezza.

La impenetrabilità del vetro pel fluido elettrico fu pure confermata dalle sperienze di Canton e di Priestley. Infatti il primo scriveva a Franklin, nel 1760, d'aver tenuta sott'acqua, per una settimana, una sfericciuola di vetro, ch'egli aveva elettrizzata internamente e poscia chiusa, senza che fosse in lei scemata la elettrica virtù ⁽¹⁾.

(1) « Procuratemi, così egli scrive, alcune palle di vetro d'un pollice e mezzo di diametro, le elettrizzai per entro, alcune positivamente, altre negativamente; e poscia le chiusi. Accostatele subitamente all'elettrometro, non ebbi il menomo

Similmente narra Priestley d'avere nel dicembre 1766 ottenuta la scossa da un lungo tubo di vetro, che era stato da lui elettrizzato in marzo (1).

Dalle quali sperienze dice il Beccaria essere innegabilmente provato, che il vetro, semprechè non sia dilatato dal calore, non trasmette il fuoco elettrico; e per questa sua virtù appunto si carica, ossia s'inducono sulle faccie opposte di esso le elettricità contrarie; — che tuttavia l'azione, per cui l'elettricità, indotta sovra una faccia, eccita la contraria nella faccia opposta, non è immediata, ma si compie attraverso al vetro « per alcuna o vibrazione, o pressione, o sottrazione di sostegno, o immutazione qualunque, dell'elettricità libera, nel vetro o nel fuoco in esso inerente »; — che il vetro chiuso, e assolutamente impenetrabile, impedisce le scariche; — che finalmente l'aria, la quale è pur sempre sparsa di parti deferenti, non fa che proporzionatamente ritardarle (2).

indizio che fossero elettrizzate. Ma, tenendole innanzi al fuoco, a distanza di sei ad otto pollici, prestamente divennero elettrizzate, e di più, quando si stavano raffreddando. Tali globetti, ogni volta che sono scaldati, danno, o ricevono il fluido elettrico da altri corpi, secondo che sono caricate positivamente per entro, o negativamente. Scaldandole frequentemente, trovo che il loro potere scema sensibilmente; ma, *tenendone una di esse sott'acqua una settimana*, non m'è paruta punto scemata di forza. Quella, che ho tenuta sott'acqua, è stata caricata li 22 dell'ultimo settembre, ed ognora (31 ottobre) ritiene la sua virtù in grado molto notevole. Avendo rotti accidentalmente due de'miei globetti, ne ho trovato lo spessore di 7 ad 8 millesime parti d'un pollice ». — V. *Oeuvres de Franklin*, tom. I, pag. 217.

(1) « Il 30 dicembre, dice Priestley, esaminai un tubo di vetro, di circa 3 piedi di lunghezza, una metà del quale io avevo elettrizzato; e quindi lo aveva ermeticamente sigillato; ma non potei avvedermi che esso punto venisse eccitato e scaldandolo, e nel raffreddarsi. — Io attribuisco allo spessore del vetro del mio tubo la differenza nel risultato di questo sperimento da quelli del signor Canton, il quale caricava piccoli globi assai sottili. Notai ancora, che non v'era apprezzabile differenza nell'eccitare collo stropicciamento la parte caricata, o la non caricata di questo tubo; e che amendue esse parti operavano ottimamente. — In seguito aprii questo tubo, e versavi entro quantità di pallini di piombo, lo trovai molto ben caricato, per ciò che mi diede una scossa notevole, e diverse altre piccole, non servendomi di armatura esteriore, ma impugnandolo, per scaricarlo colla mano su diversi punti ». Priestley, *Histoire ecc.*, tom. III, pag. 441.

(2) *Elettricismo artificiale*, pag. 128.

Il fisico Epino, fondandosi sovra una serie di sperienze comparative, riguardanti l'elettrizzamento di lastre di vetro e di lamino di aria, delle quali si ragionerà altrove, estese all'aria ed a tutti i corpi coibenti la impermeabilità, attribuita da Franklin particolarmente al vetro. Egli non giudicò tuttavia assoluta questa proprietà ne' corpi coibenti, ma solamente relativa, e dipendente dalla maggiore o minor difficoltà, ch'essi oppongono alla circolazione del fluido elettrico per entro alla loro sostanza ⁽¹⁾.

Ad analoghe conclusioni fu condotto il Cigna dalle sue belle sperienze sull'efficacia dell'aria nella produzione dei fenomeni elettrici, e sull'elettrizzamento delle lamine coibenti. Riserbandoci a parlare diffusamente di questi ultimi fatti sperimentali, vogliamo ora solamente far cenno delle sue prime ricerche sull'aria.

La questione del concorso di questo fluido nella produzione dei fenomeni elettrici fu già discussa, come vedemmo, dai primi sperimentatori di cose elettriche, i quali si divisero in varie sentenze. — Essa fu quindi studiata con assai diligenza dal Beccaria: fece egli un vuoto più accurato nella campana della macchina pneumatica, e poscia, per un'apertura praticata nella parte superiore di essa, vi addusse l'elettricità dal conduttore della macchina elettrica. — Esplorò ancora il Beccaria i movimenti elettrici, che avvengono nel vuoto barometrico, racchiudendo in esso dei fili di amianto, ed accostandovi dal di fuori, de' corpi elettrizzati. — Con questi ed altri tentativi, che qui sarebbe superfluo enumerare, il Beccaria dimostrò che i movimenti elettrici spegnevasi affatto nel vacuo perfetto, e nell'aria rarefatta si illanguidivano a misura della rarefazione della medesima ⁽²⁾. Intorno

(1) *Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi*, pag. 82 e seg.

(2) Beccaria. *Lettere sull'elettricismo*. Lettera III al prof. Beccari, § 82, 83, 109, 110.

alla quale conclusione, diciam di passaggio, non sono tuttavia d'accordo i fisici del secolo nostro. Si ammette bensì da tutti, che la intensità degli elettrici fenomeni diminuisca colla progressiva rarefazione; e ciò pel più facile disperdimento, che subisce la elettricità: ma si vorrebbe da taluni che questa disperdizione del fluido avesse un limite; che ridotto cioè il fluido elettrico a debolissima tensione, potesse tuttavia rimanere ne' corpi, per più o men tempo, anche nel maggior vuoto, che vien dato da eccellenti macchine pneumatiche. A questo principio, cui già accennarono Hawkesbee e Grey, furono condotti i fisici Walsh e Deluc, e ai tempi nostri Harris e Becquerel.

Da altri per contro si ammette la piena e totale dissipazione del fluido elettrico nel vacuo, dove, essi dicono, nulla è la resistenza opposta alla libera espansione del fluido elettrico. E a questo principio medesimo conduce la teoria matematica della distribuzione dell'elettricità sulla superficie dei corpi. Ma quest'ultima opinione è oramai abbandonata specialmente dopo le recentissime sperienze di Grove e di Cassiot, le quali han dimostrato che il vuoto, privo di materia ponderabile, è isolante.

Le accennate sperienze del Beccaria dichiaravano la necessità dell'aria nella produzione dei movimenti elettrici. Rimaneva a studiarsi da qualè proprietà dipendesse l'azione di essa nei fenomeni dell'elettricismo: se cioè dalla sua virtù *coartativa* o dalla sua elasticità.

A sciogliere questo dubbio si adoperò il Cigna, proponendosi di sperimentare in altri mezzi diversi dall'aria. E i risultati ottenuti, ei raccolse in una memoria pubblicata fra le *Miscellaneæ* di quella Società Reale, di cui, insieme al Saluzzo e al Lagrangia, era stato il fondatore. — Egli immerse nell'olio un globetto di ferro, liberamente sospeso ad un filo di seta così, che fosse di mezzo tra l'estremità del conduttore elettrico, immersa pure nell'olio, e la punta d'un filo di ferro, comunicante col suolo; e tosto vide il pendolino oscillare tra l'estremità dell'uno e la punta dell'altro, come se fosse nell'aria. —

Rinnovò l'esperimento nell'acqua e in diversi altri liquidi, e scorre il pendolino immobile, come immobile sarebbe rimasto nel vacuo.

Dai quali fatti argomentò, che lo spazio vacuo, al pari dei corpi deferenti, disperde l'elettricità, ed è per ciò che impedisce i movimenti elettrici: e dedusse inoltre, che la efficacia dell'aria non dall'elasticità sua prende origine, ma dalla forza coartativa, ossia dalla impermeabilità per l'elettrico; e che gli altri mezzi sono tanto più atti alla produzione degli elettrici movimenti, quanto più difficilmente sono permeabili al fluido stesso (1).

(1) *Mélanges de philosophie et de mathématique de la Société Royale de Turin, pour les années 1760-61.*

Joannis Francisci Cigna de motibus electricis experimentum, pag. 77.



SEZIONE SESTA.

Dell'induzione od attuazione elettrica. — Sperienze di Canton e di Franklin intorno alle atmosfere elettriche. — Leggi sperimentali dedotte da Wilke; confermate da Epino; ed estese da entrambi allo elettrizzamento d'una lamina d'aria, e d'una lastra di vetro: conclusione di Epino intorno al modo di azione a distanza dei corpi elettrizzati. — Fenomeni di adesione osservati da Symmer; sua ipotesi del doppio fluido. — Sperimenti del Nollet. — Ricerche sperimentali del Cigna sui nastri di seta; sulle lastre di vetro; sui corpi conduttori in contatto di coibenti; sulla sede dell'elettricità negli apparati di Leida; sui residui delle cariche; sulla penetrazione del fluido elettrico nei coibenti; sull'elettrizzamento d'una lamina d'aria — Ricerche del Beccaria sulle condizioni da cui dipende il vario elettrizzamento dei corpi; sulle atmosfere elettriche; sui movimenti elettrici tra corpi deferenti, e tra deferenti ed isolanti; sui fenomeni di adesione: sua teoria dell'elettricità vindice. — Spiegazione data dal Volta dell'attrazione fra corpi diversamente elettrizzati, del vario modo di elettrizzamento dei corpi strofinati; delle cariche dei vetri; delle atmosfere elettriche; e dei fenomeni dell'elettricità vindice. — Sperienze del Barletti sulla penetrazione del fuoco elettrico nella materia dei corpi coibenti; e sulla varia loro resistenza ai fenomeni dell'attuazione: spiegazione da lui data dei fenomeni di elettrizzamento per contatto e per attuazione con l'ipotesi dei due fluidi. — Invenzione dell'elettroforo; e del condensatore. — Riassunto.

I.

Mentre si esplorava la natura dell'elettricità, che lo strofinamento svolge sui diversi corpi, e disputavasi intorno alla varia attitudine della materia a ricevere e ritenere il fluido elettrico, un fenomeno le

mille volte osservato, e tuttavia non peranco sottoposto ad esame, venne a fissare l'attenzione dei fisici. Vogliam dire l'azione, che un corpo comunquemente elettrizzato esercita, a più o meno grande distanza, sui corpi vicini: donde hanno origine e le attrazioni dei corpi leggeri, e gli indizi di elettrizzamento, indotto nei corpi dalla semplice vicinanza di altro corpo elettrizzato.

Erasi già osservato che i corpi elettrizzati avevano tutto intorno a sè uno spazio più o meno esteso, entro il quale essi esercitavano la virtù attrattiva, producevano effetti luminosi ecc.; al quale spazio già erasi dal Watson, dal Beccaria, e da altri fisici imposta la denominazione di *atmosfera elettrica*. Ma questa riputavasi carica del fluido stesso del corpo elettrizzato, il quale supposevasi diffondere il proprio vapore, più o meno lontano, intorno a sè, a proporzione della minore, o maggiore resistenza dell'aria circostante. Nè d'altronde prevedevasi che dalla considerazione di queste atmosfere sarebbesi d'assai allargato il campo degli studi elettrici, e ricavate eziandio nuove ipotesi a spiegarne i fenomeni.

Primo a tentare le nuove sperienze fu il Canton, il quale ne rese conto alla Società R. di Londra in una memoria del 6 dicembre 1753. — Le sfericciuole del suo elettrometro manifestavano una divergenza tra loro, allorchè si accostava alle medesime un tubo elettrizzato; e si riaccostavano l'una all'altra, allontanando il tubo. — Due sfericciuole appese, per fili di lino, ad un conduttore isolato ed elettrizzato positivamente, divergevano fra loro, e divergevano vieppiù, accostando un tubo identicamente elettrizzato; e scemava la divergenza sino a ridursi le due sfere a contatto, discostandolo alquanto; divergevano altra volta col riaccostamento del tubo. Finalmente ritirando il tubo, le due sfericciuole si toccavano, e poscia l'una dall'altra si separavano. — Accostando il tubo di vetro elettrizzato verso la metà del conduttore isolato e non elettrizzato, le sfericciuole sospese all'estremità del tubo mutuamente si respingevano. — Tenendo, egli dice, il tubo elettrizzato,

per alcuni secondi, alla distanza di sei pollici, e discostandolo poscia, le due sfericciuole, ch'erano respinte, si toccano, e quindi nuovamente si respingono, abbenchè più non siano sotto l'influenza del tubo. Quest'ultima ripulsione cresce per l'accostamento del tubo di vetro, e scema se invece si accosta un tubo di ceralacca elettrizzato. — Isolò finalmente due tubi di latta, posti sulla stessa linea e a mezzo pollice di distanza; e sospese alle due loro estremità più lontane due coppie di sfericciuole. Accostando poscia un bastone di vetro elettrizzato alla metà del primo tubo, e alla distanza di alcuni pollici, notò che ambe le coppie di sfericciuole si respingevano. Discostando il vetro, le palline del primo tubo si avvicinavano e quindi si respingevano; mentre quelle del secondo appena si scuotevano. Riaccostando il bastone di vetro, la ripulsione cresceva nelle palline del primo tubo e scemava in quelle del secondo (1).

Quest'è, in poche parole, il sunto delle sperienze di Canton; le quali furono, sotto forma diversa, riprodotte da Franklin in una memoria indirizzata alla stessa Società Reale il 14 marzo 1755. — Franklin fissò un fiocco di fili, lunghi tre pollici, a un'estremità del conduttore della macchina, il quale era lungo cinque piedi, col diametro di quattro pollici, e sospeso con funicelle di seta. Col tubo elettrizzato diede alcune scintille al conduttore: onde i fili si resero divergenti per l'elettricità comunicata al conduttore. In tale stato di cose, il semplice accostamento del tubo rese i fili vieppiù divergenti. — Che se allora traevasi una scintilla dall'estremità del conduttore vicina ai fili, questi si riaccostavano, ma discostando il tubo, nuovamente si separavano; e si riunivano altra volta col riavvicinarsi del tubo. — Vide infine (ciò che già da Hawkesbee e da altri era stato

(1) *Phil. trans.*, vol. XLVIII, parte I, pag. 350.

Le sperienze di Canton, e quelle dei primi sperimentatori intorno all'attuazione elettrica, sono diffusamente esposte nella Storia del Priestley, vol. II, pag. 16 e seg.

osservato) che i fili resi divergenti, per l'accostamento del tubo al conduttore non elettrizzato, scostavansi dal dito, che loro presentava (1).

II.

A spiegare gli accennati fenomeni Canton e Franklin ammettevano la ipotesi, generalmente accettata, che le atmosfere elettriche fossero prodotte dalle emanazioni dei corpi elettrizzati; abbenchè s'avvedessero come la medesima mal s'acconciasse a dar ragione di tutti i nuovi fatti. — Furono questi assai meglio compresi dal Wilke e da Epino: i quali ricercando con diligenza in quale stato elettrico si costituisse un corpo, cui accostavasi un altro elettrizzato, e scorgendo come contraria fosse la elettricità dell'uno a quella dell'altro, argomentarono che in tali fenomeni punto non avvenisse comunicazione di fluido, sibbene una semplice alterazione nello stato del fluido elettrico ne'corpi sottoposti all'azione di un altro corpo elettrizzato. A questi risultati giunsero Wilke ed Epino con esperienze, di tale originalità e chiarezza, che da sole basterebbero ad illustrare il loro nome nella storia dell'elettricità, se pure per altri titoli già non fosse chiaro tra quelli dei più valenti elettricisti del secolo passato.

Furono guida alle ricerche di entrambi gli sperimenti di Canton e specialmente il fenomeno osservato dai Padri Gesuiti di Pekino, che una lastra di vetro alternamente manifestava ed occultava l'elettricità all'innalzarsi od all'abbassarsi di altra lastra elettrizzata: fenomeno, di cui presentavano relazione all'Accademia delle Scienze e belle Lettere di Pietroburgo nel 1755 (2).

(1) *Œuvres de Franklin*, tom. I, pag. 143.

Phil. trans., vol. XLIX, parte I, pag. 300.

(2) Lamina ex vitro crystallino constans, supra chartam aliquoties complicatam posita, pelle ovina pilis orbata tandiu fricabatur, usque dum electricitatem sal fortem esset consequuta. Applicabatur tum haec lamina pyxidi lignese vitro

Studiando questo fatto singolare Wilke osservò dapprima che un piccolo corpo, immerso in un'atmosfera elettrica qualunque, non dà quasi indizio di elettricità, se altro corpo non lo tocca, e lo si scosta prima che sia respinto. Che se dà alcun segno di elettrica virtù, essa è della specie medesima di quella del corpo, nell'atmosfera del quale trovasi immerso. — Se a lui si presenta altro corpo comunicante col suolo, questo viene dapprima attirato e poscia respinto. Presentando una punta a questo corpo leggero, e ritirandola poscia, si scorge ch'esso acquista un'elettricità opposta a quella del corpo elettrizzato. Donde il Wilke inferisce che le parti dei corpi non elettrici, le quali trovansi immerse in atmosfere elettriche, si costituiscono in uno stato elettrico opposto a quello dell'atmosfera, in cui sono immersi.

Ad affermare questa sua conclusione egli immaginò la seguente esperienza. Dispose in linea retta due grandi conduttori isolati, e separati, per breve intervallo, l'un dall'altro, e fra essi lasciò pendere per un filo di seta, una sfericciuola di sovero. Toccando poscia con un bastone di vetro elettrizzato l'estremità d'uno di essi, la pallina prese a muoversi velocemente tra l'uno e l'altro. Tenendo il vetro, per qualche tempo alla stessa distanza dal tubo, il movimento cessava,

tectae acum magneticam observandae declinationi adaptatam continenti ea ratione, ut vitrum, quo pyxis cooperta erat, fere contingeret; quo facto sequentia observabantur phaenomena:

I. Acus magnetica libere stilo suo incumbens ad vitrum pyxidem tegens confestim sursum abrepta, laminae huic quasi agglutinabatur, ac ultra duas, vel tres horas constanter adhaerebat.

II. Post bocce temporis intervallum acus sponte decidebat, non vero paulatim, sed uno impetu quodam, et post aliquot vibrationes super stilo suo factas ad quietem, situmque consuetum redibat.

III. Attollebatur tunc lamina pyxidi imposita, et dicto citius acus denuo sursum rapiebatur, vitroque, quo pyxis tecta erat, denuo agglutinabatur; nec ante duarum, vel trium horarum decursum decidebat.

IV. Si interea lamina primum commemorata denuo pyxidi imponebatur, statim acus decidebat; confestim vero sursum attrahebatur denuo sublata lamina. Ita semper eveniebat, quoties lamina pyxidi vel admovebatur, vel attrahebatur.

V. Novi commentarii Accademiae imperialis Petropolitanae pro annis 1758, 1759, tom. VII, pag. 277.

ma ricominciava tosto, col discostarsi dal tubo, scemando a poco a poco di velocità. — Che se allontanava l'un dall'altro i conduttori, mentre erano immersi nell'atmosfera del tubo di vetro, e poscia li avvicinava, scoccava tra essi la scintilla (1).

Epino dimostrò in un modo anche più evidente la legge generale stabilita da Wilke. Collocò un piccolo peso sull'estremità d'un ampio conduttore metallico isolato, la quale era immersa nell'atmosfera di un corpo elettrizzato. Discostatolo poscia dal conduttore, sostenendolo con una funicella di seta, ed esploratane la elettricità, la trovò infatti diversa da quella dell'atmosfera. Se l'estremità opposta a quella, su cui era posto il piccolo corpo, comunicava col suolo, la parte di esso più vicina al corpo elettrizzato era sempre carica di elettricità contraria. — Ponendo il peso mobile sull'estremità più lontana dal conduttore isolato, e sollevandolo poscia, per esplorarne la elettricità, trovò Epino che esso era talvolta contrariamente, e talora medesimamente elettrizzato, che il bastone di vetro; e qualche volta non dava indizi di elettrizzamento (2).

Dai quali fatti sperimentali risultava chiaramente dimostrato, che le parti dei corpi sottoposte all'azione di un corpo elettrizzato si costituiscono in un uno stato elettrico opposto a quello del corpo, di cui subiscono l'azione.

Ma dove si manifestò specialmente il genio di Epino si fu nel rendere generale questo principio, estendendone l'applicazione a tutti i corpi della natura, qualunque pur fosse il grado di loro conduttività pel fluido elettrico. Poscia che, egli disse, tutti i corpi in sè

(1) *Disputatio physica de electricitatibus contrariis*, pag. 73, 77, 78.

(2) *Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi*.

Il vario elettrizzamento riconosciuto nell'estremità del conduttore più lontano dal corpo elettrizzato, poteva essere prodotto dalla varia distanza, che forse, nei diversi sperimenti, separava i due corpi, oppure dalla varia intensità della carica del corpo elettrizzato, per cui succedesse una reale comunicazione di fluido tra i due corpi, od anche dall'imperfetto isolamento del conduttore ecc.

contengono tal quantità di fluido, che li costituisce nello stato, che chiamasi *neutro* o *naturale*, debbe in essi l'azione d'un corpo elettrizzato eccitare uno squilibrio del fluido, più o meno rapido e più o meno compiuto, secondo la varia natura e conduttività de' medesimi. Suppose quindi applicabile questo principio all'aria, ugualmente che al vetro. E partendo dai principi del sistema Frankliniano così ragionò: che se fallace non era la ipotesi sua, elettrizzando un tubo di vetro ad un suo capo, la elettricità, comunicata al vetro, dovrebbe respingere a qualche distanza il fluido naturale delle parti vicine a quelle state elettrizzate. Il quale fluido, uscito dalla sua sede, e condensato, respingerebbe, a sua volta, il fluido naturale delle parti contigue. E questo, condensandosi altrove, opererebbe medesimamente sovra il fluido delle parti successive del vetro: sicchè questo dovrebbe dare su tutta la sua lunghezza, degli indizi di elettricità alternamente positiva e negativa.

L'esperimento rispose mirabilmente alla induzione di Epino, come già avvenne a Torricelli nel famoso sperimento, che la storia tuttora ricorda col suo nome. — Elettrizzando un tubo di vetro ad una sua estremità, vide Epino che l'elettricità positiva a capo del tubo, si mutava in negativa a distanza di quattro o cinque pollici, e dopo altri due pollici ritornava positiva, ma debole. — Ripetuta più volte questa esperienza su tubi di vetro e sovra bastoni di solfo, sempre ebbe gli stessi risultamenti (1).

III.

La correlazione degli accennati sperimenti, non che la unità del fine, ond'erano messi ad istituirli Epino e Wilke, i quali entrambi, a quel tempo, dimoravano in Berlino, li consigliò ad associare i loro studi per risolvere il problema di elettrizzare una lamina d'aria, a

(1) *Tentamen theoriae* etc., pag. 192.

quel modo istesso, che si caricava una bocoia di Leida, o semplicemente una lastra di vetro.

Il problema infatti era identico, e neppure dissimili erano le condizioni per la risoluzione di esso. In una lastra di vetro le due superficie presentavano opposta elettricità: così pure, nelle sovraccennate esperienze, opposte si chiarivano le elettricità del corpo elettrizzato e di quelli, ch'erano sottoposti alla sua azione. Le due elettricità mantenevansi separate nel vetro a cagione dell'impermeabilità del medesimo: così ancora la neutralizzazione delle due contrarie elettricità nel corpo elettrizzato, e negli altri dalla virtù di lui resi elettrici, era impedita dall'impermeabilità dell'aria interposta. — Pensarono quindi che la imitazione dei mezzi adoperati per la carica delle lastre di vetro avrebbe loro giovato all'elettrizzazione d'una lamina d'aria. Sospesero per ciò due grandi tavole di legno, ciasouna della superficie di otto piedi quadrati, rivestite di foglia di stagno, e collocate colle loro faccie parallele l'una all'altra, e distanti circa un pollice e mezzo: e videro che elettrizzando una di esse positivamente, ponendola in comunicazione col conduttore della macchina elettrica, l'altra caricavasi sempre di elettricità negativa; siccome doveva naturalmente succedere, in virtù del principio dedotto dalle precedenti sperienze. Ma videro altresì, che se una persona toccava con una mano una delle superficie metalliche, e portava l'altra mano a contatto della seconda lamina, riceveva una scossa al tutto pari a quella, che ottenevasi dalla scarica dell'apparato di Leida. — Videro ancora le due lastre di metallo, contrariamente elettrizzate, attirarsi l'una l'altra, manifestandosi per tal modo evidentissima la tendenza delle due elettricità a neutralizzarsi. — Anzi tanto era qualche volta sovr'esse la elettrica tensione, che scoppiava nel loro intervallo la scintilla, come avviene in lastre di vetro, che per troppa carica, si spezzino. — Questa scarica si rendeva più facile frapponendo alle tavole un corpo conduttore, p. e., il dito; nel quale caso provavasi una commozione. — Una piccola

eminenza sovra una delle lastre rendeva certa la scarica in quel punto, se la scarica aveva luogo. — Parimenti si impediva la carica armando di punta una qualunque delle due lastre.

Di qui conobbero la ragione del fatto avvertito prima dall'Abate Nollet, che la macchina elettrica opera meglio, allorchè s'affollano molte persone all'intorno di essa, sempre che con la traspirazione loro, non rendano soverchiamente umida l'aria circostante. Infatti dicono essi, il conduttore, e le persone trovansi in istato elettrico opposto: sicchè, formando questo un'estesa superficie elettrizzata, allorchè si tra una scintilla si scarica a un tempo la elettricità di tutte, e perciò lo scuotimento, che se ne riceve, è più forte. — E di qui deve eziandio ripetersi la ragione delle forti cariche ottenute dal Volta nei lunghi e sottili conduttori, annessi alla macchina elettrica, dei quali abbiamo altrove parlato ⁽¹⁾.

Di qui ancora spiegavansi i fenomeni osservati da Epino in due lastre di cristallo, strofinate fra loro e per ciò contrariamente elettrizzate. — Finchè queste rimanevano l'una all'altra sovrapposte, niun

(1) Il Volta stesso, parlando della commozione, che si ottiene dai suoi conduttori, ricorda gli sperimenti di Wilke e di Epino con le seguenti parole:

« Io non so che alcuno sia giunto ad ottenere da un conduttore semplice una commozione gagliarda, in nulla dissimile da quella, che dà la bocca di Leyden, o il quadro magico: commozione cioè che si faccia sentire alle braccia e al petto, che scorra per una lunga catena di persone, scuotendole tutte validamente ecc. Mi è noto solamente che i signori Wilke ed Epino sono riesciti a fare l'esperimento della commozione con quei due larghi piani deferenti affacciatisi a poca distanza, uno de' quali venendo elettrizzato in più, ossia infondendovi eccessiva dose di fuoco, obbligava l'altro a spogliarsi in parte del proprio; e so che si è voluto spiegare tal fenomeno coll'idea, che si caricasse propriamente una lastra d'aria in simil modo, che si carica una lastra di vetro armata, facendo appunto ufficio di armature gli stessi due piani deferenti. Ma io posso ora far vedere, che non c'è bisogno nè di lastra che si carichi, nè di tal doppia armatura, nè, in una parola, della combinazione delle due contrarie elettricità, perchè abbia luogo la vera commozione, e che un semplice conduttore e solitario, sol che sia di sufficiente grandezza, basta a produrla eguale, o nella qualità e nella quantità, a quella che ne dà qualsivoglia bocca di Leyden, o quadro magico ».

V. *Collez. opere di Volta*. Sopra la capacità dei conduttori, tom. I, pag. 179.

indizio presentavano dei loro stati elettrici contrari; ma, separate, tosto li rivelavano nella più evidente maniera.

Nè diversa era la ragione dei fatti riconosciuti anche da Epino del solfo fuso, e solidificato entro sottili coppe di metallo isolate: il quale non porge indizio di elettrizzazione finchè è dentro la coppa; ma estratto da questa, con un corpo isolante, ed esso e la coppa appaiono elettrizzati: e questa elettricità nuovamente si occulta, se riponesi il solfo nella coppa, e riappare altra volta, rialzandolo dalla medesima.

Cercarono parimente i due fisici di spiegare il modo di formazione della maggiore fra le elettriche meteore. Lo stato delle nubi e della terra, durante un temporale, è, per loro sentenza, lo stesso, che quello delle due lastre affacciate l'una all'altra. Infatti essendo le nuvole in uno stato elettrico, la terra trovasi contrariamente elettrizzata: e la massa d'aria interposta compie l'ufficio medesimo della piccola lamina d'aria fra le tavole, e della lastra di vetro fra le due armature d'una boccia di Leida. Il fenomeno del fulmine è lo spezzamento della lamina d'aria prodotto dalla scarica spontanea, che si fa sempre fra punti elevati e prominenti; e i corpi, attraverso ai quali la scarica ha luogo, sono violentemente colpiti ⁽¹⁾.

L'analogia osservata nel modo di elettrizzamento di una lamina d'aria e d'una lastra di vetro, e la medesimezza dei loro effetti condusse Epino a stabilire, che la impermeabilità riconosciuta da Franklin particolare al vetro, vuolsi riguardare siccome una proprietà generale di tutti i corpi elettrici, non già assoluta, poichè tutti ricevono più o meno di elettricità, pel contatto di corpi elettrizzati, sabbene relativa, e misurata in ciascuno dal vario grado di resistenza, che oppongono alla circolazione del fluido elettrico attraverso ai pori della materia, onde sono composti.

(1) *Histoire de l'Académie de Berlin*, 1756, pag. 120. — Wilke. *Disputatio physica* etc. pag. 90 a 101. — Epino. *Tentamen* etc., pag. 79 e seg.

Gli risultava frattanto, dalle istituite esperienze, che le atmosfere elettriche nulla avevano di materiale; ossia non erano formate dalle emanazioni di fluido sprigionantesi dai corpi elettrizzati. Giudicava quindi che la elettrica materia tutta si rimanesse nel corpo elettrizzato, e di là esercitasse l'azione sua, attrattiva e ripulsiva, sino ad una certa distanza. Per ciò l'atmosfera d'un corpo elettrizzato, è nella opinione di lui, la sfera d'attività del fluido elettrico, appartenente ad ogni corpo elettrizzato, o se così vuolsi, egli soggiunge, può con tal nome distinguersi l'aria circostante al corpo, che ne è elettrizzata (1).

A chi giudichi la opinione sua troppo azzardata per ciò, che è diversa dalla comune degli elettricisti, che scrissero prima di lui, e di Franklin medesimo, egli osserva che la opinione loro non è puoto conforme ai principii generali della teoria di Franklin, la quale suppone, che il fluido elettrico muovasi con assai difficoltà e lentezza attraverso alle sostanze elettriche, come è l'aria.

E a coloro i quali credono che un'atmosfera elettrica non sia altrimenti una concezione del pensiero, ma una cosa che opera sui sensi, per ciò che la si può sentire sulle mani e sul volto, e riceverne quella stessa impressione, che è prodotta dal contatto d'una tela di ragno, egli risponde: che tal sensazione, ugualmente che l'odore di solfo, che sprigionasi dai corpi elettrizzati, non è che una sensazione eccitata dall'azione del fluido dei corpi elettrizzati sul fluido elettrico, che trovasi nelle diverse parti del nostro corpo allo stato naturale: ed

(1) Vuolsi qui notare che il Beccaria, prima di Epino, dimostrò che la elettricità d'un corpo sostanzialmente non si diffonde nell'aria ambiente. Egli infatti nella sua opera dell'*Elettricismo artificiale e naturale*, a pag. 54, osserva, che traendosi una scintilla da un conduttore di cartone dorato, veggonsi risplendere delle scintilluzze in tutti i punti, in che la doratura è interrotta. « Queste, diceva egli, procedono dal fuoco elettrico eccessivo, che, nell'elettrizzare il conduttore, si era a poco a poco sparso in quei nudi e resistenti luoghi, e che ricorrendo poi nella vicina doratura, nell'istante della scintilla riluce corrispondentemente alla resistenza, per cui discorre. Epperò, se il fuoco eccessivo, che s'induce in un conduttore, penetrasse nell'aria ambiente ad alcuna sensibile altezza, esso, ricorrendo per quel sottile, resistente, comunque sottilissimo strato, rilucerebbe ».

osserva finalmente che tali sensazioni non han luogo in una persona, che non possenga la stessa specie, e lo stesso grado di elettricità.

IV.

Ai fenomeni singolarissimi osservati, nel 1755 e nel 1756, da Wilke e da Epino, altri se ne aggiunsero, dipendenti dagli stessi principi e non meno curiosi, i quali riconosciuti prima dall'inglese Symmer, nel 1759, furono poscia oggetto di importantissime ricerche per l'italiano Gio. Francesco Cigna.

Già ebbimo occasione di dire come Symmer, togliendosi le doppie calze di seta, bianche le une, e nere le altre, ch'ei portava sovrapposte, udì uno scoppiettio, e vedesse al buio balenare tra esse la scintilla: come, fatto certo che questi erano fenomeni elettrici, attribuì lo sprigionamento dell'elettrica materia al diverso colore della seta. — Ora conviene che in poche parole si accennino i particolari di sì fatte sperienze.

Le calze non presentavano indizi di elettrizzamento, finchè erano sovrapposte alla gamba, od anche soltanto alla mano, benchè contro questa, a più riprese, si strofinassero. Disgiunte, all'opposto, si mostravano fortemente cariche, le bianche di elettricità positiva, e le nere di negativa. — Le due calze, scostate alquanto l'una dall'altra, si gonfiavano così, da imitare la forma della gamba. — Presentando l'una all'altra le due calze nere, o le due calze bianche, si respingevano così da formare tra di loro un angolo eziandio maggiore di 30.°: all'opposto una bianca e una nera vivamente si attiravano, l'una contro l'altra premendosi; e separate si riaccostavano con uguale vivacità, come se il mutuo contatto non avesse punto svigorita in esse la elettrica virtù. Curioso, dice Priestley, fu lo spettacolo presentato da due calze nere tenute in una mano, e da due bianche nell'altra. La vicendevole ripulsione in quelle dello stesso colore, e l'attrazione fra quelle di

colore diverso, le pose in forto agitazione: e bello era a vedersi ciascuna respingere la compagna, e andar ricercando quella, che aveva diverso il colore. — Poste a contatto e, meglio ancora, immesse l'una nell'altra, lungamente serbavano la elettricità; della quale tuttavia non davano segni, che al momento della loro separazione: onde Symmer, in tale stato, le paragonò alla boccia di Leida. — Così riunite, presentavano una forte adesione e resistevano alla separazione. Volle Symmer misurare questa resistenza: elettrizzate due calze di diverso colore, vide, col mezzo di una bilancia, che a distaccarle richiedevasi un peso di 42 oncie; altra volta di 47 oncie, e sino a 20 quando, separate le calze, e rovesciatane una, nuovamente le pose l'una nell'altra; e vido ancora notevolmente cresciuta l'adesione con calze nere tinte di fresco, e calze imbiancate coi vapori di solfo.

Fatti analoghi di adesione osservò Symmer nelle lastre di vetro, dei quali rese conto nella sua quarta memoria, letta alla Società Reale di Londra, il 30 dicembre 1759. Caricate due grandi e sottili lastre di vetro, unite con le nude loro faccie, e armate esteriormente, prese per due angoli la lastra sovrana, e sollevandola vide, che quella di sotto ne era sostenuta. Caricate poscia le due lastre, e rovesciatele quindi così, che la lastra, che prima comunicava col suolo, fosse posta in comunicazione col conduttore della macchina elettrica, o caricandole altra volta, vide cessata ogni adesione. Usando due lastre armate anche nelle loro faccie inferiori, e contigue, non vide neppure insorgere adesione.

Osservò finalmente che le calze di vario colore, fortemente elettrizzate non solo aderivano l'una all'altra, ma eziandio ad altri corpi a faccie piane e pulite, abbenchè non elettrizzati. Ciò conobbe per caso gettando via da sé una calza, e vedendola rimanere attaccata alla tappezzeria della camera. Ripeté allora lo sperimento, ed ottenne lo stesso risultato, anche contro una lastra di specchio. Fece anzi questa prova curiosa: attaccate per tal modo alla tappezzeria le calze di

seta, bianca e nera, elettrizzò poscia fortemente un altro paio di calze, parimenti bianca l'una e l'altra nera, e le applicò sovra quelle, ponendo la bianca sovra la nera, e la nera sovra la bianca, e così le staccò dalla parete, restando ognuna di esse aderente a quella, che le erasi sovrapposta.

La novità di queste sperienze, delle quali un solo esempio avevasi prima in un fatto congenere, descritto dal Beccaria nell'opera da lui pubblicata nel 1753 (1); e più ancora la singolarità delle medesime ci trassero a darne, sulle orme di Priestley, più che un cenno: chè al postutto ognun vede, ch'esse sono tutte modificazioni di un duplice fatto: cioè del vario elettrizzamento di due corpi, e dell'azione reciproca delle due elettricità. E questa è appunto la conclusione in cui venne lo sperimentatore inglese. Symmer suppose che due fossero i fluidi elettrici, quasi emanazione di due potenze elettriche distinte, e l'una dall'altra essenzialmente diverse. Che perciò l'elettrizzamento di un corpo consistesse nell'accumulazione dell'uno o dell'altro di questi fluidi in esso, ossia, com'egli dice, nel possedimento dell'una e dell'altra potenza, oltre quanto richiederebbersi a comporre l'equilibrio di esse ne' corpi: sicchè, col prevalere dell'una o dell'altra, potenza il corpo risulta elettrizzato nell'una o nell'altra maniera. — Questo principio dei due poteri elettrici non è, a suo credere, contrario al sistema generale della natura: la quale ha tra le sue leggi fondamentali anche questa, che l'azione e la reazione sono inseparabili ed uguali: per cui, dovunque si rivolga lo sguardo, dappertutto si vede che, ad ogni potenza del mondo materiale, un'altra potenza si contrappone, che ne controbilancia e ne governa gli effetti, secondo le sagge viste della provvidenza.

A confortare la sua ipotesi d'una qualche prova sperimentale Symmer variamente modifica l'esperimento di Franklin sulla carta forata dalla scintilla; ed esamina le varie sensazioni, che si ricevono

(1) *Elettricismo artif. e natur.* pag. 196.

da una boccia di Leida, più o meno fortemente elettrizzata; e in questi fatti gli sembra di veder chiara la esistenza di due forze distinte, opposte ed operanti in direzione contraria ⁽¹⁾.

Della ipotesi di Symmer parleremo altrove: giova ora il tener dietro ai lavori, a cui furono occasione le sperienze di lui.

V.

L'abate Nollet, in una memoria letta all'Accademia delle scienze di Parigi, il 4 aprile 1864, si fece a commentare le sperienze di Symmer, ricercando, siccome già vedemmo, e il modo d'azione del calore umano nell'elettrizzamento delle calze, e la cagione del diverso stato elettrico delle bianche e delle nere. Egli inoltre, introducendo un tubo di vetro nella calza di seta nera, notò che il vetro suppliva la calza bianca nel produrre gli stessi fenomeni. Strofinati cioè, il tubo e la calza, aderivano tra loro senza porgere indizi elettrici, ma, appena disgiunti, li manifestavano; ed erano positivi pel vetro, e negativi per la calza. Ond'egli stabilì, come regola generale, che « due corpi atti, di lor natura, ad elettrizzarsi per strofinamento, l'uno alla maniera del vetro, e l'altro a quella delle resine, acquistano una elettricità molto intensa, se, l'uno sull'altro distesi, si strofinino tra loro ».

Il Nollet, nell'ultima parte delle sue « *Lettres sur l'électricité* », rinnovò le accennate sperienze coi nastri di seta, e n'ottenne gli stessi risultati. Nulla tuttavia aggiunse di nuovo: bensì gli parve, che i fenomeni osservati da Symmer, e da lui verificati, anzi che accennare la presenza e l'azione di due fluidi distinti, testimoniassero, e in maniera non equivoca, la esistenza delle *due correnti simultanee*. Nè a

(1) Symmer raccolse i risultati delle sue sperienze in diverse memorie, che furono lette alla Società R. di Londra nel 1759; e pubblicate poscia nelle *Trasazioni filosofiche*, vol. LI, parte I, pag. 340, 366 a 393.

spiegare le azioni opposte, che ne risultano, stimò necessario il supporre che fossero prodotte da due contrarie potenze, o da due fluidi distinti: a ciò bastando parti diverse di un medesimo fluido, le quali muovansi, a un tempo, in opposta direzione. — Vide insomma il Nollet nelle sperienze di Symmer dimostrata la propria ipotesi: il perchè si adoperò a farle universalmente conoscere; non solo riferendone alla Accademia, ma voltando ancora nella patria lingua le memorie dell'accademico inglese (1).

Ma più ai fatti, che alle teorie, volse la mente, che pure aveva perspicacissima ed acuta, Giovanni Francesco Cigna, ragionevolmente pensando che grandissima fosse la intrinseca importanza di que' fenomeni, che puerili quasi avrebbe giudicato un meno savio estimatore delle cose naturali (2).

(1) *Expériences et observations nouvelles concernant l'électricité par M. Robert Symmer.*

(2) Gio. Francesco Cigna, nipote del Beccaria, nacque in Mondovì il 2 luglio 1734, e morì il 16 luglio 1790.

Le tesi da lui pubblicate, a ventitre anni, per l'esame di aggregazione al Collegio medico del torinese Ateneo, *sull'uso dell'elettricità nella medicina, e sulla irritabilità Halleriana* rivelarono in lui quell'altrezza d'ingegno, di cui fece quindi prova, e negli scritti, e nell'insegnamento dell'anatomia nell'Università di Torino, cui veniva chiamato nel 1770. — Fondò col Lagrangia e col Saluzzo una società letteraria, da cui ebbe poscia origine la R. Accademia delle scienze; e ne fu il Segretario. — Nelle prime pubblicazioni di questa Società, sotto il titolo di *Miscellanea Taurinensia*, trovansi raccolte, oltre le due accennate, le principali memorie del Cigna: *Sull'elettricità Simmeriana*, — *sul calore del sangue*, — *sul freddo prodotto dall'evaporazione dei liquidi*, — *sulla respirazione*; nello studio della quale precedette il Lavoisier.

A testimonianza del merito del Cigna riferiamo qui due autorevolissimi giudizi. Il conte Morozzo, cultore esimio delle cose chimiche e presidente dell'Accademia delle scienze, nella tornata del primo dicembre 1791 così parlava del Cigna:

« Le nom du docteur Cigna est trop célèbre pour qu'il ait besoin de vous rappeler, messieurs, ce qu'il a fait dans la république des lettres; son souvenir sera à jamais cher à l'Académie, car elle n'oubliera jamais qu'il fut, avec le comte de Saluces, et M.^r De la Grange l'un des fondateurs de la Société privée, à la quelle l'Académie doit son origine. Les physiciens n'oublieront jamais les découvertes qu'il a fait dans l'électricité; les physiologistes celles sur la respiration animale; et les anatomistes la justesse de ses jugemens sur les nouvelles

La memoria, nella quale il Cigna rende conto delle sue ricerche sperimentali, è una delle migliori scritture, che, in fatto di elettricità, siansi pubblicate in quel tempo. Ne giudichi il lettore dalla breve analisi, che qui ne presentiamo.

Egli rinnova dapprima le sperienze di Symmer, servendosi di nastri di seta, come il Nollet. Seccati al fuoco due nastri di seta bianca, li distese l'un sull'altro sovra piani or deferenti, ed altra volta isolatori: e poscia che li ebbe strofinati con un regolo d'avorio, li trovò aderenti fra loro e col piano, senza tuttavia dar segni di elettricità. Ma, disgiuntili appena dal piano, tosto ebbe segni di elettricità resinosa nel nastro superiore, e di positiva nell'inferiore. — Disgiungendoli l'un dopo l'altro dal piano, ricevevano entrambi l'elettricità resinosa, onde l'un l'altro si respingevano. — In questa separazione dell'uno dall'altro, o di entrambi dal piano, apparivano scintille. — Le elettriche manifestazioni cessavano, riponendo i nastri sul piano, e riapparivano col sollevarli altra volta; — e queste alternative di scuoprimento e di occultazione dell'elettricità, si ripetevano fino a che la elettrica virtù fosse spenta. — Strofinati i due nastri sovra un corpo a superficie scabra, e solleyati poscia; o successivamente, o congiunti, acquistavano sempre elettricità contrarie: il superiore la negativa, l'inferiore la positiva. Risultati uguali ai precedenti si avevano con punte metalliche: infatti, se carichi i nastri di uguale elettricità, si disponevano verticali e paralleli fra loro, e poscia a un d'essi s'accostava la punta d'un ago, facendola scorrere per tutta la lunghezza del nastro, caricavasi

doctrines: les mémoires de notre Société privée, l'histoire de Priestley, et la collection des dissertations physiologiques qu'il a fait, l'occasion des démonstrations anatomiques qu'on va publier au premier jour, rendront toujours le plus grand témoignage à sa célébrité. C'est avec le plus vif regret que l'Académie a senti la perte, qu'elle en a fait le 16 juillet 1790 ».

Non disse di meno, in brevissime parole, quel valente fisiologo, che fu il Lorenzo Martini; allorchè portava del Cigna il seguente giudizio: « Uomo prestantissimo, che in parecchie discipline poggiò all'eccellenza, severo anatomico, sagace fisiologo, profondissimo fisico, purgatissimo scrittore ».

questo, egli dice, di opposta elettricità, e all'istante, l'un contro l'altro, vivamente si precipitavano (1). — E come un dei due nastri mutava la proprietà elettrica, se toccato da una punta metallica, così l'acquistava un nastro, non peranco elettrizzato, se, posto sovra una superficie scabra, gli si stendeva sopra un nastro elettrizzato, ovvero presentandogli un conduttore acuminato, se tenevasi parallelo ad un nastro elettrizzato.

Osservò poscia il Cigna, che uguali fenomeni ottenevansi con nastri neri, ed anche sostituendo, per strofinatore, al regolo d'avorio il vetro pulito. — Ma servendosi d'un bastone di solfo, s'invertivano i fenomeni: elettrizzavasi positivamente il nastro, che nelle precedenti sperienze prendeva l'elettricità negativa, e viceversa. — Strofinandoli con carta, dorata o non, i risultati erano mutabili. — Se diverso era il colore dei nastri, la elettricità, comunque essi fossero posti e strofinati, era ordinariamente negativa nel nastro nero, e positiva nel bianco. — Che se rado era il tessuto del nastro superiore, e tale la natura dello strofinatore da renderlo poco atto ad elettrizzare il vetro, costantemente accadeva, che la elettricità del nastro superiore dipendesse, non dalla natura dello strofinatore, ma dal corpo sul quale era disteso. Quando all'opposto fitto e sodo era il tessuto del nastro, e lo strofinatore capace di elettrizzare il vetro, la elettricità di quella dipendeva dalla natura del corpo, che l'aveva strofinato. Nei quali fatti si chiarivano le condizioni da cui dipende il vario elettrizzamento dei corpi, le quali già, con esperimenti diversi, erano state dedotte da Canton, e da più altri elettricisti.

(1) Potrebbe anche la punta metallica aver ridotto il nastro al solo stato naturale: nel quale caso sarebbersi pure verificata l'attrazione dei due nastri. — A giudicare di questo sperimento dovevasi accennare se la distanza del secondo nastro da quello, ch'era toccato dall'ago, era tale da non più risentire ancor esso gli effetti della punta metallica.

VI.

Il Cigna mette poscia a confronto coi propri gli sperimenti del Symmer e del Nollet, mostrandone l'identità dei risultati. Seguendo poscia il fisico inglese nelle sue indagini sull'adesione dei corpi elettrizzati contro superficie levigate, discuopre il mezzo di moltiplicare la elettricità senza strofinamento.

Infatti ad una lamina di piombo, isolata mercè un filo di seta, avvicinando un nastro di seta elettrizzato in più, manifestavasi una qualche leggera attrazione; accostando un dito alla lamina di piombo, scoccava tra questa e il dito una scintilla, e tosto velocemente il nastro accorreva al piombo, aderendo sì forte al medesimo, da sostenerne l'intero peso. Cessavano, durante l'adesione, gli indizi elettrici, ma riapparivano nella separazione: e parve al Cigna, che il piombo fosse elettrizzato negativamente, ed il nastro positivamente. Per cui, avvicinato un dito al piombo, n'ebbe una seconda scintilla in direzione opposta alla prima, cioè dal dito al piombo; e tosto vide nuovamente il nastro precipitarsi sul piombo come prima: sicchè rinnovando alternamente l'applicazione del nastro elettrizzato alla lamina di piombo e il disgiungimento dalla medesima *moltiplicava* l'elettricità senza previo strofinamento, provocando tante scintille, quante volte applicava il nastro alla lamina, e traendone altrettante contrarie, quante volte dalla medesima lo distaccava: e tante infatti ne traeva da caricarne una boccia di Leida. — Nei quali fatti ognun vede il principio, che al Volta servì di guida alla costruzione di quell'istrumento, ch'egli denominò *elettroforo perpetuo*; se pure già non vuolsi riconoscere nella lamina di piombo isolata e nel nastro di seta un primo semplicissimo elettroforo ⁽¹⁾.

(1) Ecco le testuali parole del Cigna:

« Eae quidem scintillae paulatim decrescunt, prout taenia paulatim electricitatem suam exuit; quandoquidem vero id lente fit, hinc est, ut alterna taeniae

Si fece poscia il Cigna a ricercare nelle lastre di vetro i fenomeni, che gli erano presentati dai nastri di seta: e uguali risultati ottenne dallo strofinamento di due lastre, su cui aveva disteso un corpo conduttore, per es. un foglio di carta dorata. Vide infatti che i vetri aderivano tra loro, ed alla carta sovrapposta, senza dare alcun segno di elettricità: mentrechè sollevandone la carta, spiegavasi sulle faccie dei vetri la elettricità positiva. Così alternativamente sovrapponendo la carta alle lamine di vetro, e rialzandola poscia, vedeva ripetersi lo occultamento e l'apparizione dell'elettricità, come nei nastri e nella lamina di piombo, fino a che ogni residuo d'elettricità fosse spento.

Strofinando la nuda faccia della lamina superiore di vetro, e poscia accostando il dito all'armatura della lastra inferiore, n'ebbe una

admotio, et remotio, plures hoc pacto scintillae haberi possint satis vehementes, si celeriter taenia ad plumbum admoveatur, removeaturque. Et quidem cum externam phialae armaturam manu prehendissem, ejusque unco in qualibet taeniae vitreae electricitatem habentis ad planam plumbi faciem admotioe scintillam ex plumbò elicuissem, dum scintillas ab ejus remotioe ortas extraneo deferente corpore excutiebam, factum est ut quadraginta circiter satis validas, parumque decrecentes scintillas obtinerem, quibus phiala onerabatur, et succutiebat, interiore ejus facie vitream, exteriore resinosam electricitatem habente. Si eodem modo scintillas intra phialam accumularem, quas in quavis taeniae remotioe plumbum praebebat, et vicissim, quas edebat in quavis ejus admotioe, extraneo deferente corpore, elicerem, phiala etiam onerabatur, et succutiebat; sed ejus interna facies resinosam, externa vitream electricitatem habebat: si utrasque scintillas, tum quas in taeniae accessu, tum quas in ipsius recessu plumbum praebebat, in phialam similiter congererem, nullum inde phiala electricitatem acquirebat, oppositis scilicet electricitatibus se se invicem destruentibus. Demum si singula haec experimenta taenia electricitatem resinosam habente instituerem, eadem omnia, sed inverso, ut quisque intelligit, modo eveniebant. Ex quibus confirmatur scintillas plumbum inter, et digitum conspicuas in taeniae admotioe, tum in ejusdem remotioe a contraria electricitate ipsius plumbi ortas esse ».

Giova qui ancora il ricordare, che nei manoscritti del P. Beccaria, si trovò una cartuccia scritta di sua mano, e consegnata dal Conte Prospero Balbo al prof. Eandi. In essa erano le seguenti parole:

« Questo è l'elettroforo espresso dal nostro dottor Cigna nel nastro e nella lamina di piombo isolata; espresso da me nelle funzioni di una o di due lastre di cristallo ecc. La proprietà che il signor D. Alessandro (Volta) ha attribuita all'elettroforo suo non è, che una maggiore durezza della elettricità impressa nella resina, e tale maggiore durezza la vuole per sé il sig. Grey ».

V. Eandi. *Mem. ist. del P. Beccaria*, pag. 132.

viva scintilla. Proseguendo così a strofinare la lastra superiore, e a trarre la scintilla dall'inferiore, caricò i due vetri così che, sovrapposta quindi un'armatura eziandio alla lamina superiore, e poscia entrambe le armature toccando con le mani, ebbe la scossa, come da una boccia di Leida. — Nello eseguire questo sperimento, fu sorpreso nello scorgere, come dopo la scossa, aderenti fra loro intavvia rimanessero le lamine di vetro, senza punto dar segno di elettricità: mentre nel disgiungerle, manifestavano un contrario stato elettrico.

Opinava il Cigna, che nella carica della boccia di Leida le due elettricità, anzichè sulle due faccie del corpo coibente, risiedessero sulle armature: e parevagli di poterlo dimostrare colle sperienze seguenti. — Sovrapposti varii nastri dello stesso colore ad una lamina deferente, li strofinò con un regolo d'avorio, e separandoli, uno ad uno, li vide scintillare nei punti di loro disgiungimento, e li trovò carichi di elettricità negativa: onde suppose, che il solo nastro superiore si fosse elettrizzato per lo strofinamento, e che sulla lamina deferente si fosse accumulata la contraria elettricità: suppose altresì che nella separazione dei nastri la elettricità si diffondesse dal primo al secondo, da questo al terzo, ecc. per mezzo delle piccole scintille, che apparivano nell'istante in cui si separavano. — A meglio confermare la sua ipotesi sollevò tutti insieme i nastri dalla lamina deferente, e li trovò del pari elettrizzati in meno sovra ambedue le faccie. Sovrapponendoli poscia ad una superficie scabra, e in modo, che il nastro che aveva toccato la lamina deferente, fosse ancora in contatto con la medesima; ad uno ad uno li separò, cominciando dallo inferiore; e tutti comparvero elettrizzati positivamente, eccetto il superiore, che ritenne l'elettricità negativa, acquistata con lo strofinamento. Il che, dic'egli, mostra chiaramente, che nel primo sperimento l'elettricità passò dal nastro superiore successivamente negli inferiori, invece nel secondo passò dalla superficie scabra nel primo nastro, che gli era in contatto, e da questo negli altri sino al penultimo in

contatto col superiore. Onde conchiuse, ch'è l'elettricità si accumula sovra le armature della lastra di vetro (e così pure avverrebbe della boccia di Leida), e solo quando queste si tolgono, allora si depongono sulla superficie del corpo coibente.

Questi sono i risultati delle prime sperienze istituite dal Cigna intorno ai fatti prima osservati da Symmer. A spiegare i quali egli mette a confronto la ipotesi di Franklin e quella suggerita dal fisico inglese. Dice, in ordine alla prima, ch'essa risolve compiutamente tutti i fenomeni, che presentano le due elettricità, allorchè sono riunite; ma con altrettanta chiarezza non spiega la proprietà, ch'esse hanno di attirarsi, e di reagire l'una sull'altra, allorchè trovansi separate. Per contro la ipotesi di Symmer non gli sembra contraddetta da alcuno dei fenomeni elettrici conosciuti, oltre che nel miglior modo si acconcia a dar ragione di alcuni tra essi, fra i quali la carica e la scarica di una lamina di vetro, e i movimenti di attrazione tra le opposte elettricità. Tuttavia non pronuncia il suo giudizio più verso l'una, che l'altra ipotesi, limitandosi a concludere che quella darà ragione di tutti i fenomeni, la quale spiegherà la distruzione dei segni elettrici quando le due elettricità sono riunite, e la loro vicendevole attrazione allorchè sono disgiunte (1).

VII.

Ai fenomeni precedenti altri nuovi se ne aggiunsero, i quali parvero al Cigna più favorevoli alla ipotesi di Symmer, anzi che a quella di Franklin; per ciò che questa meno facilmente, che quella, poteva renderne ragione.

In una seconda memoria pubblicata nelle *Miscellaneæ Torinesi* racconta il Cigna che essendosi, nell'aprile del 1770, recati i cavalieri Lovera e Debutet in casa del Marchese Berset, per sperimentare di

(1) *Miscellanea Taurinensia*, 1762-1765. — Joannis Francisci Cigna. *De notis quibusdam experimentis electricis*, tom. III, pag. 31.

cose elettriche, fu da nn d'essi notato, che una boccia di Leida scaricata, ripigliava dopo alcuni minuti l'attitudine a scuotere, e che successivamente la rinnovava, con forza tuttavia decrescente, sino a compiuta estinzione. Questo fenomeno al Cigna, cui venne narrato, parvo dapprima un paradosso, e allora solamente l'ammise, che ne fu dalle proprie sperienze convinto. Ei vi trovò poscia una rassomiglianza con quello, già da lui stesso riconosciuto, di due vetri sovrapposti ed armati a modo d'un solo, i quali scaricati più non davano segni elettrici, finchè erano uniti, e li rinnovavano appena disgiunti. — Da questi fatti deduceva che dell'elettricità comunicata ai vetri e agli apparecchi di Leida, una parte resta libera sulla superficie loro, ed è quella che produce la prima scarica, e un'altra parte penetra dentro ai vetri. Ed essendo le contrarie elettricità inerenti alle faccie opposte dei medesimi, mutuamente s'infrenano, fino a che le lastre son riunite: libere invece dalla reciproca azione, allorchè i vetri si disgiungono, le due elettricità rispettivamente si manifestano, a misura che si vengono svincolando dai pori della materia coibente del vetro. — Riconobbe frattanto che i corpi coibenti interposti ai conduttori accrescono la capacità, che questi ultimi hanno per l'elettrico. — Non diversamente giudicò il Cigna avvenisse dell'elettrizzamento della boccia di Leida, da lui ottenuto con la lamina di piombo e il nastro di seta. Quando poi conobbe da sperimenti propri, e da quelli dei fisici inglesi, che i vetri riscaldati diventano conduttori, vide confermarsi la sua ipotesi, che la indotta elettricità più addentro penetrasse nei vetri resi meglio permeabili dal calore; e poscia a poco a poco uscendo dai vetri raffreddati, rendesse maggiori i segni della elettricità Symmeriana (1).

(1) Il Cigna prima di conoscere gli sperimenti degli inglesi e di Franklin, intorno alla permeabilità pel fluido elettrico del vetro riscaldato, faceva la seguente sperienza. — Toccava egli con una mano la faccia inferiore del vetro caricato, e toccava la superiore con l'estremità d'un sottile bastoncino di vetro, lungo cinque dita trasversali. Se questo tubo era freddo, non si aveva scossa, nè il vetro si scaricava: l'opposto avveniva, se esponeva il tubo all'azione del fuoco, e poscia l'accostava all'armatura superiore.

Rinnovando lo sperimento di Franklin in boccie piene d'acqua bollente, dedusse che quanto più i vetri sono caldi, mentre si caricano, altrettanto meno atti essi sono a dare la scossa, per ciò che la elettricità, pel calore, più addentro si infigge nella materia del vetro, ed irretita in questa non può tosto e tutta sprigionarsene. Quindi argomentò che la differenza delle due elettricità, Simmeriana e Frankliniana, questa fosse: che il calore accresce la prima e scema la seconda: onde avviene che la seconda e la terza scossa debbano essere altrettanto maggiori, quanto più caldo fu il vetro all'atto della carica, e quanto più intensa fu questa: ecc.

L'istessa proprietà che nel vetro, riconobbe il Cigna nel legno, il quale per calore si fa deferente. Il perchè invano lo strofinava, ad elettrizzarlo, finchè era caldo: e vedeva sorgerne l'elettricità, e assai viva, dopo che erasi raffreddato.

In questa memoria il Cigna diede pur conto delle prove da lui fatte sull'elettrizzamento di una lamina d'aria. Modificò egli lo sperimento di Epino nella seguente maniera. Cuoprì di carta dorata due tavole della superficie di circa otto piedi q. e le sovrappose parallelamente, per le loro faccie dorate, avvertendo che la superficie metallica della superiore sporgesse alquanto all'infuori, perchè meglio potesse ricevere l'elettricità dalla macchina. Interpose alle due tavole dei pezzi di vetro di vario spessore, tanto che le due tavole l'una dall'altra distassero ora di 44, ora di 49 ed altra volta di 36 linee. Poste alla minore di queste tre distanze, si caricavano le armature, o, se meglio piace, la lamina d'aria interposta, se il tempo era secco, in modo da averne una scarica assai forte. In tempo non secco dovevansi porre a distanza di 49 linee per caricarle; e meno forte rinsciva il colpo della scarica. Se poi le tavole erano poste a distanza di 36 linee, la carica si faceva bensì, ma debolissima. — Come già Epino, anche il Cigna riconosceva che l'armatura superiore, comunicante colla macchina, riceveva una carica maggiore di quella dell'armatura

inferiore. Osservava inoltre che quando l'armatura inferiore era isolata, e la comunicazione di essa col suolo facevasi con la mano, e questa toglievasi dopo indotta la carica, allora coll'esterno contatto delle armature vedeva le scintille gradatamente decrescere; togliendosi, nel contatto dell'armatura superiore, una quantità di fluido maggiore del suo eccesso sulla carica dell'inferiore. E lo stesso avveniva nel susseguente contatto dell'armatura inferiore.

Questa disuguaglianza di elettricità sopra le due armature la riconobbe eziandio nei vetri carichi; perciocchè un pendolino frapposto alle medesime oscillava dall'una all'altra, finchè fosse distrutta la carica: il che non doveva aver luogo, se le due elettricità contrarie operanti sovr'esso fossero state al tutto uguali.

Si confermò il Cigna nella sua opinione, che la sede dell'elettricità fosse nelle armature, e non nel vetro, invertendo lo sperimento di Franklin, già da noi ricordato: conservando cioè le armature, e cambiando solo la lamina coibente interposta alle medesime. Per ciò caricava egli una lamina d'aria fra opposte armature; trasportava quindi l'apparato d'una in altra camera, perchè si rinnovasse l'aria interposta alle armature; e tuttavia non vedeva notabilmente indebolita la scossa (1).

« Bella serie di sperienze prodigiosamente combinate e variate e in gran parte nuove »: tale è il giudizio portato dal Volta intorno alle ricerche sperimentali del Cigna. Nè altra parola qualsivoglia potrebbe rendere più autorevole, o più degna, la lode data dal sommo Italiano al fisico Mondovita (2).

(1) J. F. Cigna. *De electricitate*. Miscellanea Taurinensia, 1770-1773, tom. V, pag. 97.

In questa dissertazione il Cigna commenta eziandio le sperienze istituite da Franklin e da Priestley in vasi metallici cavi; e li modifica costruendo un *mulinello* con una girandola posta entro un ampio vaso di rame isolato. E spiega i vari fenomeni di movimento e di quiete della girandola coi principi dell'attuazione elettrica.

(2) *Collez. opere del Volta*, tom. I, pag. 148.

Le Simmeriane esperienze richiamarono agli studi elettrici il padre Beccaria, che dopo la pubblicazione delle sue lettere al Bec-
cari sull'elettricismo (1758) crasi rivolto insieme al' suo coadjutore, abate Canonica, alle osservazioni astronomiche, e specialmente a pre-
parare e compiere l'opera, che riuscì per lui gloriosissima, della mi-
sura d'un grado del meridiano di Torino. — Deposta infatti ogni altra
cura, si diede il Beccaria a studiare i nuovi fenomeni, coi quali mira-
vano Symmer a dimostrare la esistenza di un *doppio fluido elettrico*,
e Nollet a rafforzare la sua ipotesi delle affluenze ed effluenze simul-
tanee; e pochi giorni prima che il Cigna distribuisse ai suoi amici
nazionali e forestieri il primo opuscolo, di cui fu discorso, il Beccaria
indirizzava una memoria alla Società R. di Londra.

In essa raccolse i risultati delle prime sperienze da lui istituite al
fine di ricercare le condizioni del vario elettrizzamento dei corpi coi-
benti strofinati fra loro, dei coibenti in contatto dei conduttori, e delle
faccie opposte dei coibenti medesimi, e si propose di richiamare i fe-
nomeni Simmeriani alla teoria di un *fluido solo*, mostrandoli ancor
essi dipendenti dal principio universale, che la governa: cioè che il
fluido elettrico si sbilancia di dove è più denso, per trasportarsi dove
è più raro. Perciò mise dapprima in luce la verità di questo principio
col seguente bellissimo sperimento, che oggi snolsi tuttavia eseguire
nelle scuole. Pose egli due sfere metalliche sotto la campana della
macchina pneumatica: l'una d'esse, sul piatto della macchina e co-
municante col suolo; l'altra sovrastante alla prima e sorretta da una
verga metallica, la quale usciva fuori dalla parte superiore della cam-
pana. Fatto il maggior vuoto possibile, e stabilita la comunicazione tra
il conduttore della macchina elettrizzato per eccesso, e la verghetta
metallica, vide nel buio illuminato l'emisfero inferiore della sfera an-
nessa alla verghetta. Facendo invece che questa comunicasse con la

macchina, ch'era elettrizzata in meno, vedeva illuminarsi, egualmente che prima, la faccia superiore della sfera comunicante col suolo. Dal che appariva come il fluido elettrico fuggisse dal corpo, su cui trovavasi in eccesso, e si diffondesse a quello, che ne aveva difetto.

Ordinò quindi in uno specchio i risultati dei numerosi sperimenti, coi quali aveva ricercato quali di due corpi, fra loro strofinati, ricevesse fuoco elettrico dall'altro, o a questo lo cedesse. — Così trovò, ad es. che la ceralacca si elettrizza in più, se si fregghi con carta dorata; emette per contro il vapore elettrico, ossia si elettrizza in meno, se si fregghi colla carta nuda; come il vetro, che s'elettrizza in più se pulito si strofini con pannolano, e in meno, a modo de' corpi resinosi, se smerigliato. — Istituì poscia un confronto tra i fenomeni luminosi, che son presentati dalla rotazione del globo di vetro della macchina elettrica, e quelli dati da un globo di ceralacca strofinato con carta dorata, oppure colla parte nuda di questa carta rovesciata. Una doppia luce comunemente si osserva: l'una dove il globo si stacca dal cuscinetto, l'altra dove a questo s'avvicina: dette quindi dal Beccaria *luce di partenza* la prima, e *di ritorno* la seconda; ed entrambe generate dal fluido che, raccolto sul vetro, rifluisce al cuscinetto. — Frestando la ceralacca con carta dorata si osservano pure queste due luci somiglianti tra loro e a quelle del vetro. Ma se strofinasi la ceralacca con la parte rovesciata della carta dorata, le due luci appaiono ancora e son tuttavia fra loro somiglianti, ma dissimili sono da quelle del vetro, e da quella della ceralacca, che si frega con carta dorata. Infatti risplendono le prime per brevissimo intervallo fra la ceralacca e il margine della carta, formando una serie di stellette; le seconde all'opposto dal margine della carta, a modo di fiocchi o pennelli, inseguono, quasi dissi, la ceralacca, che fugge dalla carta, od a questa ritorna. Ora il modo e la forma di queste apparenze luminose chiaro dimostrano, che quando strofinasi la ceralacca con carta dorata, le due luci di *partenza* e di *ritorno* son formate da fluido, il quale, dal corpo

strofinato, su cui erasi raccolto, rifluisce al corpo, che lo strofina: e nel secondo sperimento le due luci provengono da fluido, il quale dal corpo strofinante accorre alla ceralacca spogliata del proprio fuoco. Il che ognun vede accordarsi pienamente coi Frankliniani principi (4).

Mai i fatti accennati dal Beccaria in questa prima memoria non erano che un saggio di altri numerosissimi, ch'egli veniva poscia

(4) In questa memoria il Beccaria si fa pure ad esaminare la forza, con che divergono due fili pendenti dalla macchina elettrica, o dal conduttore di essa; e per considerazioni geometriche deduce, ch'essa è in ragion diretta della densità del fuoco ridondante, o della rarità del fuoco deficiente: legge, che fu poscia con lo sperimento dimostrata da Coulomb.

E pure in questa memoria la descrizione del *tavolino fulminante*, immaginato dal Beccaria, e di cui egli già servivasi, fin dal 1760, nelle pubbliche esperienze. È questo un tavolo rettangolare, a margine rialzato, su cui è distesa una lamina di piombo, che per tre lati dista di alcuni pollici dall'orlo del tavolo; e pel quarto lo sopravanza, e forma il lembo di *comunicazione*. La lamina di piombo è coperta da una stiacciata di resina, composta d'una mescolanza, in parti uguali, di colofonio e di polvere di marmo finissima. Allo strato di resina è sovrapposta una seconda lamina di piombo, distante, come la inferiore, dai margini del tavolo, la quale si mette poi in comunicazione col conduttore della macchina elettrica.

Della virtù di questo nuovo quadro fulminante così parla il Beccaria:

« *Abacus vere fulminans, qui fulminantibus vitris praestat usus commoditate, effectum magnitudinem: etenim tempestate etiam non siccissima qualis validissime, quod resinae humorem respuant, quem attrahit vitrum. Praeterea parari potest amplitudine quantalibet ad effectum quantoslibet.* »

V. Novorum quorundam in re electrica experimentorum specimen, quod regiae Londinensi Societati mittibat die 14 januarii 1766 J. B. Beccaria ex scholis piis.

Questa memoria fu letta il primo maggio 1766 alla Società R. di Londra, la quale decretava all'autore il seguente pubblico ringraziamento:

« *Elegans et doctissimum opus tuum de aliquibus circa rem electricam experimentis Societati regiae Londinensi in comitiis suis ordinariis hodie recitatum fuit, quo nomine gratiae societatis tibi publicae statutae sunt.* » Datum ex aedibus Societatis maji 4, 1766.

B. Franklin, a ciò incaricato dalla Società medesima, così scriveva da Londra al Beccaria, il 29 maggio dell'anno medesimo:

« Ho il piacere di trasmettervi qui uniti i ringraziamenti della nostra Società pel vostro ingegnosissimo scritto sull'elettricismo, e permettetemi che ai loro aggiunga i miei. — Mi fu quello comunicato, com'era vostro desiderio, prima di presentarlo alla Società, ed io l'ho ad essa commendato come ben meritevole della sua attenzione ecc. ».

V. Eandi. *Memorie citate*, pag. 146.

L'accennata memoria del Beccaria fu pubblicata nelle *Transazioni filosofiche*, vol. LVI, pag. 105.

adunando, per ricercare la ragione dei Simmeriani fenomeni: per ciò che non appena fu consapevole dei nuovi fatti scoperti dal Cigna, tosto s'avvide come i medesimi non solamente mal potessero accordarsi coi principii fin allora posti a fondamento della Frankliniana teoria: ma gli parve altresì che accennassero quasi ad abbatterne l'intero sistema. Ned egli scorre d'un tratto la via, per la quale avrebbe potuto ricondurre alla dipendenza della teoria medesima i fenomeni scoperti dal Symmer e dal Cigna, e da lui stesso già in embrione veduti dal 1753. Ciò è lecito arguire dall'esame delle memorie, che egli venne successivamente pubblicando: nelle quali pare a noi di scorger l'uomo della scienza, che variamente agitando la materia vede moltiplicarsi sotto mano una serie di fatti congeneri, e tuttavia non giunge a ritrovare la legge, che tutti li governa ed unisce.

Invero esplorando lo stato elettrico delle lamine coibenti, prima della scarica e dopo di essa, armate o nude, caricate separatamente o a un tempo, analizzando le sperienze dei Gesuiti di Pekino, e le altre, che sulle lamine deferenti eransi instituite dal Cigna, il Beccaria ripete il fatto della permanenza dei segni elettrici sulle faccie de' vetri dopo la scarica dalla resistenza, che oppongono i corpi isolanti all'elettrico vapore: il quale, facendo forza per espandersi in essi ad uguaglià, oscilla fra i medesimi, e così cagiona la varietà degli osservati fenomeni. Ciò egli espose nel saggio di nuovi sperimenti indirizzati il 26 aprile alla Società Reale di Londra (1).

Ma di questa spiegazione egli medesimo non si appaga. — Riconosce egli il primo che due corpi isolanti, ed anche un isolante ed un coibente, contrariamente elettrizzati esercitano tra loro le medesime reciproche azioni di due corpi differenti: questa sola, e notevole

(1) *Novorum quorundam in re electrica experimentorum specimen, quod R. Londinensi Societati mittebat die 26 aprilis 1766 J. B. Beccaria ex scholaris pils.* Memoria letta alla Società R. il 4 giugno 1767 e pubblicata nelle *Transazioni filosofiche* di quell'anno, vol. LVII, parte II, pag. 297.

differenza tra essi scorgendo di una certa adesione, che i coibenti fra loro manifestano dopo di essersi attratti. Onde pensa, che questi corpi nel contatto perdano realmente la propria elettricità, riducendosi allo stato naturale, ma che nella separazione rivendichino a sè il fluido perduto. È una proprietà nuova, che egli suppone ne' corpi, questa, per la quale due corpi elettrici, dopo la scarica, recuperano e, quasi dissi, riscattano la elettricità perduta nel loro congiungimento: e perciò questa è denominata dal Beccaria *elettricità vindice*. Della quale è argomento la memoria indirizzata, il 20 febbrajo 1767, al medesimo Franklin (1).

Il nuovo principio dell'elettricità vindice gli sembra pure consona ai risultati delle sue sperienze intorno alle atmosfere elettriche, di cui egli, seguendo le orme di Franklin e di Saussure, discopre alcune importantissime proprietà, tra le quali queste: che le atmosfere elettriche omologhe tendono a distruggersi, e le contrarie a rinvenirsi, e che l'aria compie rispetto alle atmosfere dei corpi elettrizzati l'ufficio medesimo, che i vetri interposti alla elettricità svolta sopra le loro due faccie. Di queste cose discute il Beccaria nell'opuscolo mandato, il 26 febbrajo 1769, alla Società Reale di Londra (2).

I fenomeni nuovi, che si vennero manifestando al Beccaria nello studio delle atmosfere elettriche, a poco a poco nella mente di lui si collegarono con quelli osservati dal Canton, dai Gesuiti di Pekino, dal Wilke, da Epino, dal Symmer e dal Cigna per modo, che gli parve ch'essi formassero un gruppo armonico nelle sue parti, e subordinato altresì al generale sistema da lui seguito nella spiegazione dei fenomeni elettrici. — E a meglio colorire queste sue idee; a

(1) *De electricitate vindice J. B. Beccariae ex scholis piis ad B. Franklinum epistola*, Aug. Taurinorum, die 20 februarii 1767.

(2) *De atmosphaera electrica J. B. Beccariae ex scholis piis ad R. Londinensem Societ. libellus*. Taurini, die 26 februarii 1769. Letto alla Società R. di Londra il 17 maggio 1770, e pubblicato nelle *Transazioni filosofiche* di quell'anno, vol. LX, pag. 277.

mostrare cioè la connessione di tali fatti col Frankliniano sistema, egli ne ripigliò un'accuratissima analisi nell'operetta dell'*elettricità vindice* da lui pubblicata nel 1769, e la menò poscia a compimento nella sua opera maggiore dell'*elettricismo artificiale* (1).

IX.

Tralasciando qui di far cenno particolare di ciascuno dei citati lavori del Beccaria, il che ci trarrebbe soverchiamente in lungo, raccogliamo ordinatamente i principii, ch'egli venne mano mano ricavando dalle sue sperienze, paragonate con quelle dei fisici, i quali contemporaneamente, o prima di lui, impresero a studiare le atmosfere elettriche, e i fenomeni prodotti dalla vicendevole azione dei corpi isolanti fra loro, e di questi coi deferenti. — Così facendo presenteremo in modo più breve e più chiaro sì fatte questioni, le quali in vero costituiscono una delle parti più complesse, e a un tempo meno conosciute, della scienza elettrica.

Il Beccaria stabilisce innanzi tutto che la elettricità d'un corpo sostanzialmente non si diffonde nell'aria ambiente. Essa, come fu prima dimostrato da Canton e da Franklin, *attua* soltanto l'aria ambiente così, che mira ad indurre un'elettricità contraria nei corpi, che vi si trovano immersi. — In uguale maniera la elettricità che si accumula, sopra una delle faccie di un vetro, giusta le esperienze di Wilke e di Epino, tende ad *attuare* in esso la carica.

La elettricità ottenuta ne'corpi isolati ed immersi nell'atmosfera d'un corpo elettrizzato, svanisce col distruggersi dell'elettricità del corpo, che la *attua*; onde il Beccaria la dice elettricità di *semplice pressione*, per distinguerla dalla *vita* o scintillante, ed eziandio da

(1) *Experimenta, atque observationes, quibus electricitas vindex late constituitur atque explicatur*. Taurini, 1769.

Elettricismo artificiale di G. B. Beccaria all'Altezza R. del sig. duca di Chablais. Torino, 1772.

quella di *attuale carica*; col quale nome designa la elettricità ottenuta in un corpo, quando questo è toccato da un corpo straniero. Questa elettricità di attuazione, sia essa positiva o negativa, si riduce alla superficie dei corpi, senza diffondersi punto nella interiore sostanza dei medesimi: avendo egli dimostrato con lo sperimento del pozzo elettrico, che la elettricità libera sempre si trattiene sulla superficie de' corpi deferenti. Diciamo deferenti: chè gli isolanti sono più o meno impenetrabili al fluido elettrico: onde avviene che sui medesimi si possono indurre grandi alterazioni nella quantità del fuoco contenuto sulle opposte loro superficie; il che non può altrimenti dirsi dei corpi conduttori. — L'aria poi, che è per solito il corpo coibente interposto ai due corpi attnante ed attuato, si carica a sua volta, ma, per giudizio del Beccaria, assai meno di quanto lascierebbero supporre gli sperimenti istituiti da Wilke, e da Epino, sull'elettrizzamento di una lamina d'aria.

Dalla proprietà fondamentale delle atmosfere elettriche, per la quale — l'elettricità d'un corpo mira ad indurre la contraria nel corpo, che è immerso nell'atmosfera di quello — il Beccaria deduce che le elettricità omologhe di due corpi vicini tendono a distruggersi; per ciò che la elettricità di ciascun corpo « mirando ad indurre la contraria nell'altro, necessariamente s'impiegherà in distruggere la omologa, di che lo troverà dotato; epperò se le elettricità de' corpi incontrantisi, oltre ad essere omologhe, saranno anche uguali, si distruggeranno; semprechè siano i corpi portati a tale distanza, da poter operare l'uno sull'altro. Se le due elettricità omologhe saranno disuguali, il residuo della maggiore sulla minore si impiegherà in produrre la contraria nel corpo, in che la omologa minore si troverà già annullata ». —

Deduce ancora il Beccaria la proprietà, che le atmosfere elettriche di due corpi, contrariamente elettrizzati, vicendevolmente si avvalorano; perocchè, dic'egli, la forza che mira a produrre la contraria

elettricità, quando non esiste, deve tendere ad invigorirla quando già esiste (1).

Lo studio delle atmosfere elettriche condusse il Beccaria ad affrontare l'arduo problema dei movimenti dei corpi elettrizzati, dei quali niuno aveva peranco saputo rendersi ragione.

Egli esamina i movimenti, che avvengono o per *semplice pressione*, senza che v'abbia cioè comunicazione di fluido; o per *attuale diffusione*, quando cioè ha luogo partecipazione di fluido. Ricerca altresì i movimenti dei corpi, che trovansi immersi in mezzi elettrizzati, e le modificazioni, che avvengono nell'aria diradata. E tutti questi movimenti elettrici, di semplice accostamento o discostamento, mostra col mezzo della esperienza potersi subordinare alle due leggi seguenti: che due corpi similmente elettrizzati si respingono in ragione diretta della somma delle elettricità simili, e ciascuno rispettivamente in ragione inversa della massa; e che due corpi contrariamente elettrizzati si attraggono in ragione diretta della somma delle elettricità contrarie, e ciascuno rispettivamente in ragione inversa della massa.

Il Beccaria ripone la causa de' movimenti elettrici in uno squilibramento del fluido elettrico ne' corpi deferenti, per cui s'induce un corrispondente squilibrio nel fuoco dell'aria ambiente: onde avviene che il medesimo più o meno s'addensa o si dirada, e quindi reagisce sul fluido dei corpi vicini, giusta il principio fondamentale della teoria delle atmosfere elettriche, in virtù del quale l'elettricità di un corpo *attua* l'aria ambiente, e mira ad indurre elettricità contraria ne' corpi, che trovansi in essa.— Sulla qual legge fondandosi il Beccaria riduce tutti i movimenti elettrici al semplice principio: ch'essi « si compiono dai luoghi, in che gli alternativi addensamenti e diradamenti, o viceversa, del fuoco naturale dell'aria ambiente o non si possono effettuare, o si effettuano più difficilmente, ai luoghi ov'essi

(1) *De atmosphaera electrica etc.* — *Elettricismo artificiale*, pag. 173 e seg.

alternativi addensamenti e diradamenti o viceversa, si possono effettuare, o si effettuano più facilmente » (1).

Facendosi poscia a ricercare l'azione vicendevole di due corpi isolanti, oppure di un isolante e di un deferente, contrariamente elettrizzati, osserva che la legge dei movimenti elettrici dei corpi deferenti conviene eziandio ai corpi isolanti; e che si verifica altresì tra un isolante ed un deferente, discostandosi cioè, se egualmente elettrizzati, ed accostandosi, se contrariamente. Riconosce tuttavia questa differenza che i due coibenti, oppure un isolante ed un deferente, dopo avvenuto il vicendevole accostamento, rimangono tuttavia validamente uniti proporzionalmente alla somma delle loro elettricità contrarie; a differenza dei conduttori, nei quali, dopo il contatto, si respingono proporzionalmente all'assoluto loro eccesso o difetto; oppure non compiono movimento, se uguali erano le opposte elettricità. — Quindi il Beccaria stabilisce che l'isolante, dopo unitosi all'isolante od al deferente, e dopo annullate le contrarie loro elettricità, in quanto che uguali, nell'atto che si disgiunge dall'altro corpo isolante o deferente, ripiglia la elettricità, che aveva prima del congiungimento. La quale proprietà, come già abbiain detto, fu dal Beccaria chiamata *elettricità vindice*.

Egli considera dapprima i fenomeni, che vengono presentati dai nastri, e in generale nei corpi di tessitura assai rara, epperò incapaci di carica; e determinate le condizioni, dalle quali dipende la natura dell'elettricità svolta in essi per lo stropicciamento, pone le due seguenti questioni: 1.° Il nastro che, stropicciato su un piano, vi rimane poscia aderente, ritiene egli in tale stato la elettricità sua, ovvero la smarrisce in esso, e non ritiene che la disposizione a ripigliarla quando ne sia disgiunto? I nastri, bianchi e neri, che, per l'elettricità onde sono rivestiti, volano ad unirsi l'uno all'altro, o aderiscono a

(1) *Elettricismo artificiale*, pag. 354 e seg.

corpi, cui s'avvicinino, ritengono essi in tale stato di adesione le attuali loro elettricità, ovvero le perdono, e non ritengono che la disposizione a ripigliarla nel disgiungimento?

Opina il Beccaria che, nell'unirsi un corpo isolante a un deferente, od anche a un isolante contrariamente elettrizzato, le elettricità si distruggano, e si riproducano poscia nel disgiungimento dei due corpi. In tale opinione è condotto dall'esame di alcune sperienze, tra le quali quella istituita dal Cigna col nastro e con la lamina di piombo. Infatti il nastro elettrizzato per eccesso dapprima è poco attirato dalla lamina di piombo isolata e verticale; il che avviene pel principio, che un corpo elettrizzato si accosta ad altro non elettrizzato, solo in quanto può indurre in esso una elettricità contraria alla sua; quindi il nastro non può spingere via, per mezzo dell'atmosfera sua, il fuoco naturale della lamina, che proporzionatamente all'imperfezione dell'isolamento di questa, o proporzionatamente all'atmosfera, che può eccitare sulla opposta faccia della medesima. Ma se nell'atto che si presenta il nastro alla lamina di piombo, a questa pure s'avvicina il dito, scocca da quella a questo la scintilla, e il nastro vola rapidamente alla lamina, e vi aderisce, senza che più si manifestino segni elettrici. Ora questa scintilla, che sbalza dal piombo al dito, non è essa, come dice il Beccaria, corrispondente ed uguale all'eccesso di fluido, che il nastro depone nel piombo? Non è essa una prova manifesta che il nastro nell'unirsi al piombo vi smarrisce il suo attuale eccesso di fluido? — Il nastro infine, disgiunto dal piombo, riappare elettrizzato, e accostando allora il dito alla lamina metallica, scocca verso questa dal dito una scintilla: il che accenna chiaramente, che il nastro toglie dal piombo, nel separarsene, del fuoco naturale, e così ripiglia in quell'atto l'eccesso suo: mentre la lamina di piombo si rifornisce dal dito di altrettanta elettricità a lei tolta.

Dal che egli deduce che « gli isolanti elettrizzati, nel passare allo stato di adesione, smarriscono l'attuale loro elettricità; e nell'atto

di disgiungimento la ripigliano ». Nè diversamente accadono i fenomeni dell'elettricità vindice negli isolanti compatti, p. es. nelle lamine di vetro. Infatti il Beccaria, a mezzo di opportune sperienze sovra lamine sovrapposte ed armate, ed anche sovra una semplice di vetro, rivestita di foglia metallica, stabilisce come principio generale che gli isolanti, contrariamente elettrizzati, nell'unirsi, mirano ad annullare le loro contrarie elettricità, e tendono a ripigliarle nell'atto che sono disgiunti. Quindi in ciò solamente differiscono gli isolanti compatti, da quelli a tessitura rara, che quelli hanno assai maggiore capacità di carica: donde le alterazioni delle elettricità, le quali nel disgiungimento, e nel ricongiungimento de' corpi rari, p. es. dei nastri, si compiono liberamente senza ostacolo: mentre nel ravvicinamento, e nella separazione delle lamine compatte, ad. es. dei vetri, son limitate nelle facce, che si congiungono, dalle elettricità contrarie delle facce opposte, le quali mirano a conservare tale contrarietà di fluido.

Concludiamo accennando una tra le varie sperienze istituite dal Beccaria in appoggio della sua opinione. Disgiungendo un nastro da un tavolino, sopra cui fu stropicciato, vedesi nei successivi luoghi del progressivo disgiungimento, apparire un solco di luce, in conseguenza del quale ogni parte ultimamente disgiunta dà già i convenienti segni di elettricità, a differenza della parte, che resta ancora aderente, la quale finchè resta aderente, non dà verun segno. E perciò il detto solco di luce vale, al dire del Beccaria, di significantissima prova dell'elettricità, che il nastro dopo lo stropicciamento aveva dismessa nel deferente piano, e che nell'atto del disgiungimento va ripigliando (1).

(1) V. *Experimenta atque observationes, quibus electricitas vindex late constituitur atque explicatur.*

. V. *Elettricismo artificiale*, pag. 400 e seg.

X.

Il ritrovamento della vera cagione dei movimenti elettrici, e degli altri singolarissimi fenomeni dell'elettricità, che il Beccaria denominò *vindice*, era riserbato al genio di Alessandro Volta.

Egli infatti sottoponendo ad accuratissimo esame i fatti, che il Beccaria era venuto dichiarando nelle sue prime memorie sulle atmosfere elettriche e sull'elettricità *vindice*, si confermò nella opinione, già concepita da tempo, che si fatta maniera di fenomeni dipendesse da una particolare forza attrattiva del fuoco elettrico: e i propri pensamenti espose in una dissertazione epistolare indirizzata, il 24 aprile 1769, allo stesso G. B. Beccaria ⁽¹⁾.

Il Volta si propone in questa lettera di chiarire come, ammessa una virtù attrattiva nel fuoco elettrico, facilmente si spieghino le attrazioni de'corpi diversamente elettrizzati, — il vario modo di elettrizzamento de'corpi strofinati, — le cariche de'vetri, i quali ricevono tanta copia di fuoco sovra una faccia, quanta ne emettono dall'altra, — l'azione delle atmosfere elettriche, — finalmente gli stessi fenomeni dell'elettricità *vindice*.

Cominciando dai movimenti elettrici, stabilisce che essi debbono avvenire o per pressione di alcun fluido, o necessariamente per virtù di attrazione del fuoco elettrico. Se vuolsi per pressione di fluido, questo ha da essere il fuoco elettrico medesimo, o l'aria. Ma il primo è inetto a tal uffizio, come il Beccaria dimostrò, e come d'altronde s'argomenta dal Frankliniano principio, che l'elettrico fuoco in una sola direzione si muove: come dunque vorrebbesi con esso spiegare gli accostamenti e i discostamenti di uno stesso corpo elettrico? Neppure all'aria si può attribuire la produzione dei movimenti elettrici, per quanto venga essa dislocata e dilatata, allorchè

(1) Il Volta, sin dal 1763, manifestava questa opinione in una lettera all'abate Nollet.

il fluido l'attraversa: posciachè i medesimi eziandio si compiono negli altri mezzi coibenti, i quali tuttavia non si veggono dilatati, come l'aria, dal passaggio del fluido.

Suppongasi invece che i corpi, oltre la parte di fuoco, che loro è naturale, posseggano ancora una qualche forza, per cui cerchino quasi dissi, altro fuoco, e siano parimenti da questo ricercati. Suppongasi quindi un corpo elettrizzato in più, nel quale cioè siasi accumulata maggior copia di fuoco, che non possenga naturalmente: i corpi circostanti, neppur l'aria eccettuata, trarranno a sè il fuoco ridondante di quello, e ne saranno attirati. Perciò o verso lui si muoveranno i corpi vicini, o quello si muoverà verso questi: il quale ultimo caso avverrebbe, poichè il fluido è incomparabilmente più leggero dei corpi materiali, se non ne fosse impedito dalla coibenza dell'aria. Si muoveranno pertanto i corpi leggeri verso di lui semprechè non ne siano dal soverchio peso impediti. — Nè diversamente succede per un corpo elettrizzato in meno. — Anzi vedesi in generale che due corpi inegualmente elettrizzati s'accostano vicendevolmente, in proporzione della differenza del loro stato elettrico. E questa, dice il Volta, è l'unica legge, cui s'abbiano a riferire tutti gli elettrici movimenti. E di qui ancora la ragione del difetto, od almeno della esiguità dei segni elettrici nell'aria rarefatta.

Veggasi ora se l'attrazione tra il fluido elettrico e le particelle materiali de' corpi valga a spiegare il diverso elettrizzamento, che i corpi strofinati ricevono. Certo è innanzi tutto che un tale fenomeno non dipende dall'essere i corpi più o meno ricchi di fluido, perocchè basta un minimo cangiamento di circostanze a produrre una mutazione nello stato elettrico di un medesimo corpo. È bensì più ragionevole il supporre che il fregamento, alterando la disposizione molecolare della superficie de' corpi, ne modifichi altresì l'intensità della forza attrattiva. Pertanto una diminuzione di questa sarebbe causa di emissione di fluido, e però di elettrizzamento in meno; laddove un

incremento in essa è cagione di succhiamento di nuovo fluido dal corpo strofinante, e perciò di elettrizzamento in più nel corpo strofinato. Cessata poi l'azione meccanica si ricostituisce il primitivo equilibrio molecolare, e la forza attrattiva ritorna quale prima era; onde avviene che i corpi elettrici in menò ricuperano il fluido, che era sfuggito per la scemata attrazione, e perdono gli elettrici in più il fluido eccessivo acquistato per l'attrazione ingaggiardita. — Ma questa restituzione, o spogliamento di fluido, non sono istantanei, come istantaneo eziandio non era l'elettrizzamento per attrito.

Nè il solo fregamento altera l'equilibrio della materia e della forza attrattiva ne' corpi: ma e la percussione, e in generale tutti i moti, e le alterazioni dei corpi, e forsanche le stesse chimiche azioni sono, a giudizio del Volta, altrettante cause di alterazione dell'accennato equilibrio.

Il Volta estende pure alla teoria dei vetri il principio della forza attrattiva. Franklin ha stabilito che nella carica dei vetri tanto fuoco si accumula sovra una faccia di essi, quanto dall'altra ne esce. Questa legge, dimostrata dal Beccaria comune a tutti i corpi coibenti, è giudicata dal Volta come una conseguenza naturalissima della forza attrattiva del fuoco stesso. — Egli non ammette, innanzi tutto, nel fuoco che sovra una faccia si accumula, la virtù di repellere il fuoco dell'altra, perocchè il vetro è impermeabile al fluido. Egli stabilisce che i corpi tutti posseggono tal quantità di fluido, che risponde alle rispettive forze di attrazione e li costituisce nella condizione di naturale *saturità*: la quale tuttavia non esclude che le forze attrattive siano tuttavia capaci di esercitare la loro azione fra la materia ed il fluido, anche ad una qualche distanza. Ciò posto, se ad alcun corpo si comunica un eccesso di fluido, chiaro apparisce, che quanto fuoco in lui eccede la naturale saturità debb'essere trasmesso ai corpi, coi quali comunica, perchè sussista l'equilibrio delle forze. E ciò avviene ne' corpi conduttori, ed eziandio nei coibenti; con la differenza che in quelli ad uguaglianza liberamente si diffonde; laddove in questi, che

impermeabili sono, il fluido sopravveniente si trattiene sulla faccia, la quale comunica con l'elettrica sorgente. Quindi la parte di fuoco, che a causa del nuovo venuto, ha da uscire, perchè la lamina non conservi più fluido, che non comporti il complesso delle forze attrattive per la saturità, sfugge dalla opposta superficie. Di qui avviene che ridondante di fluido sia la prima superficie, e mancante la seconda. — E ciò anche più chiaro apparisce riflettendo, che a ritenere la coppia attuale di fluido non basta la somma delle forze attrattive di tutta la materia del vetro; e che a ritenere il fluido sulla prima superficie convergono pure le forze attrattive delle molecole dell'altra faccia, a cagione della poca distanza: onde queste forze son fatte impari a ritenere il fuoco nativo, il quale perciò viene emesso. — Nè diversamente avvengono le cose nella supposizione di un corpo elettrizzato in meno (1).

XI.

Anch'essi i fenomeni dell'*alluazione* od *induzione* si possono spiegare cogli stessi principi. Quando un conduttore isolato si accosta ad un altro elettrizzato, p. es. al conduttore della macchina elettrica, e

(1) I primi argomenti in appoggio della sua ipotesi, il Volta li trasse dall'osservazione di fenomeni magnetici analoghi a quelli dei vetri.

Armata una calamita del maggior peso di ferro, che valesse a sostenere, vide che accostandole altro ferro, spontaneamente staccavensene il primo. Perchè ciò? diss'egli, se non perchè le forze magnetiche, ora divise, più non possono esercitare sull'armatura la primitiva forza. Presa poscia una lamina di acciaio ben magnetizzata, e caricatala sovr' ambe le faccie di quanta limatura di ferro ognuna di queste era capace a sostenere, osservava egli il curioso spettacolo del cadere da una faccia di altrettanta limatura, quant'era il ferro, che facevasi ad aggiungere dall'altra; e viceversa del raccoglierne tanta maggior copia da una parte, quanta facevasi a sottrarne dall'altra. I quali fenomeni non era a dubitare che dipendessero dalla virtù d'attrazione della calamita sul ferro. Perchè dunque, disse egli, per ugual causa non avverranno i fenomeni elettrici del vetro, ossia per forza attrattiva di questo sul fuoco elettrico?

Di quest'analogia di fenomeni specialmente discuteva il Volta nella lettera al Nollet, della quale già abbiám fatto cenno.

a tale distanza, che non si faccia comunicazione di fluido, si compiono quegli stessi fenomeni, che avvengono sopra le due faccie del vetro: cioè nel conduttore isolato scema la somma delle sue attrazioni pel fluido nativo; per ciò ne perde alquanto, e apparisce elettrizzato in meno. — A ciò sostanzialmente si riducono i fatti sperimentali dedotti dal Beccaria rispetto alle atmosfere elettriche.

Se si accosta il dito al conduttore, scocca la scintilla; perchè l'*applicazione* del fluido del corpo elettrizzato (col quale nome piacque al Volta designare l'azione del fuoco elettrico a distanza) volge a sè una parte della forza attrattiva del conduttore; onde la forza, in questo residua, riesce insufficiente a contenere il fuoco nativo, il quale per ciò si diffonde verso il dito, che lo attrae con l'intera sua forza, e gli dà la scintilla. — Scostato poscia dal corpo elettrizzato, il conduttore *trae* dal dito stesso la scintilla, dovendo recuperare il fluido perduto. — Il conduttore, allorchè era presso al corpo elettrizzato, abbenchè avesse diffuso nel dito parte del suo fluido, tuttavia col difetto suo componendosi l'eccesso del corpo elettrizzato, che gli era *applicato*, possedeva una quantità di fluido rispondente alla somma delle sue forze. Ora ciò più non ha luogo, allorchè si discosta dal corpo elettrizzato e perde la *influenza* di lui: si fa quindi palese il difetto di fluido in esso. Ma posciachè toccandolo col dito gli si restituisce la parte mancante di fluido, se al corpo elettrizzato si riaccosti, facile è il comprendere, che esso di nuovo sovrabbonderà di fluido. Tolto quest'eccesso, se nuovamente si scosti, si mostrerà altra volta elettrizzato in meno, e così successivamente. — Lo stesso avviene discostando il corpo elettrizzato, o spogliandolo della sua elettricità: per ciò che, ad elettrizzare in meno il conduttore, basta che lo abbandoni il fuoco ridondante del corpo elettrizzato, che gli era *applicato*.

Ma come il fuoco del corpo elettrizzato involge nella sua *atmosfera* i conduttori vicini e non penetra in essi, siccome lo provano i fatti, che la comunicazione del conduttore col suolo non distrugge i

segni elettrici, e il discostamento del conduttore lo riconduce allo stato naturale? È questo un effetto dell'aria, la quale, lentissima nel ricevere il fuoco elettrico, e nello spogliarsene, oppone una resistenza alla diffusione del medesimo. — La quale resistenza non è tuttavia così grande come quella, che la materia del vetro oppone al trapasso del fuoco dall'una all'altra faccia del medesimo. Donde la maggior forza di esplosione tra queste, che non tra due corpi conduttori separati da uno strato d'aria.

L'attuazione elettrica, che ha luogo tra due corpi conduttori vicini, l'un dei quali è elettrizzato, produce ancora gli stessi fenomeni, allorchè essa avviene tra due corpi, l'uno dei quali deferente e non elettrico, e l'altro coibente ed elettrico, anche quando s'accostino sino al contatto. Perocchè a quel modo, che rispetto ai primi l'aria interposta, così rispetto a questi, abbenchè siano a contatto, la natura stessa del corpo coibente impedisce la effusione del fluido. Invero se una lastra metallica applicata a una faccia del vetro si tocca, per rendere così più facile lo sprigionamento del fuoco ridondante nel vetro, e dopo il contatto si separa dal vetro, ritroviamo tuttavia in questo una assai notevole quantità di fluido; onde i segni elettrici quasi pare che in esso rinascano.

Dimostra il Volta che questo risorgere dei segni elettrici, che il Beccaria disse elettricità vindice, è a sua volta una conseguenza dell'azione attrattiva del fuoco elettrico. Infatti si elettrizzi, dic'egli, una lastra di vetro, e le si sovrapponga una laminetta metallica; si esplori poscia la laminetta; se ne trae la scintilla: tacciono dopo ciò i segni elettrici, e la laminetta aderisce forte al vetro. Ma questo, che per sua natura ritiene ancora del fluido, come non dà più indizi di elettrizzazione? L'eccesso di fuoco nel vetro, nell'atto in cui vi s'applicava la foglia metallica, altrettanto fuoco nativo dislocò da questa; come lo manifestano le numerose scintille tratte dalla lamina stessa. Componendosi pertanto l'eccesso assoluto del vetro con l'assoluto difetto

della lamina, s'ha tuttavia nei due corpi riuniti la quantità di fuoco che risponde alla somma delle loro forze: non possono dunque aversi indizi elettrici. Che poi si trovino i due corpi ugualmente elettrizzati ed in senso opposto, è fatto chiaro dalla forte loro adesione. — Or si separi dal vetro la lamina, a mezzo di fili di seta, per non dispoglierla della elettricità che può avere: che avverrà? Manifesteranno entrambi, come è naturale, la propria elettricità: positiva nel vetro, negativa nella lamina. Restituito alla lamina, per mezzo della scintilla, il suo difetto di fluido, e riaccostata al vetro, di nuovo altrettanto fuoco effonderà sul dito, che la esplora; dopo ciò, ricostituito l'equilibrio, taceranno i segni elettrici. Di nuovo si separi e di nuovo ri-donderà il fluido perduto: e così di seguito, sino a che il fuoco ridondante dal vetro, il quale, per quanto lentamente, non cessa tuttavia di effondersi, interamente sia svanito.

Nè meno chiaramente egli spiega gli identici fenomeni, che presenta una lastra di vetro d'ambe parti rivestita di sottili lamine di metallo, o di carta dorata, e quelli di due lastre di vetro l'una all'altra sovrapposte. — Laonde dall'esame di tutti questi fatti il Volta conchiude che le elettricità delle lastre non si estinguono realmente, e interamente con la scarica, per quindi risorgere, siccome volle il P. Beccaria, ma « perseverano lunga pezza ad esservi in parte aderenti, inducendo, perchè abbia luogo un certo quale equilibrio, le elettricità contrarie nelle rispettive *armature*; onde vengono per tal modo a contrapporsi; onde l'adesione d'esse armature alle faccie della lastra; onde finalmente lo sbilancio della separazione, i segni ecc. Sicchè la elettricità che dal Beccaria fu detta *vindice*, può dirsi a miglior ragione *permanente* o *indeficiente* (1).

(1) Il Volta così traduce il principio dell'*elettricità vindice* posto dal Beccaria:

« Si quis, alternam signorum reviviscentiam volens denotare, dicat: faciem vi-
tri, post aptam attractionem lamellae metallicae sibi adhaerentis, illico a divul-
sione hujus indusii, seu dum denudatur vindicare sibi electricitatem quam
habuit ante attractionem, non ego quidem repugnabo, dummodo conveniamus

A questi principi diede ancora il Volta un maggiore svolgimento nella dissertazione, che due anni dopo, cioè nel 1774, indirizzava al celebre Spallanzani (1).

Egli infine, dopo aver dato la ragione dei fenomeni dell'attuazione elettrica, insegnò il modo di misurare l'azione attuante di un'atmosfera elettrica, come già aveva dato il procedimento per determinare la tensione dei corpi elettrizzati. Suppose il Volta due dischi conduttori isolati, disgiunti fra loro da uno strato d'aria, muniti di elettrometro a quadrante, e li dispose inoltre verticalmente così, che potessero portarsi a combaciamento per tutti i loro punti, e l'un dall'altro discostarsi, mantenendosi tuttavia fra loro paralleli; e fece comunicare uno di essi col conduttore della macchina elettrica, mentre l'altro era isolato. — Riconobbe il Volta che l'intensità dell'azione induttrice esercitata dal primo disco sul secondo dipendeva da quattro condizioni, le quali erano: la tensione elettrica del disco attuante, — la grandezza del corpo elettrizzato, con cui il disco attuante era in comunicazione, il quale per solito è il conduttore della macchina elettrica, — la grandezza dei due dischi attuante ed attuato, — e la loro distanza.

Le due prime condizioni potevansi trascurare, rendendole costanti nelle varie sperienze comparative: infatti la tensione può essere misurata con un buon elettrometro, e farsi uguale in ogni

haec signa electrica reviviscere, non quod per denudationem electricitas absoluta utri, ut ita dicam, de novo cudadur, hoc est ignis excessivus in illo denovo immittatur; sed quod incipiat nunc solum apparere, seu signa edere, ille idem ignis redundans, qui antea cum aequali defectu laminae sibi proxime adhaerentis compositus, nullatenus se probebat. Quo sensu illud vindicare electricitatem optime usurpatum accipio ».

(1) *Novus ac simplicissimus electricorum tentaminum apparatus.*

In questa dissertazione il Volta dichiara i procedimenti da seguirsi per rendere coibenti, e quindi elettrici, il legno ed altri corpi; descrive una nuova macchina elettrica con disco ed isolatori di legno. Ragiona quindi intorno alla cagione, da cui dipende la coibenza dei corpi; e del modo con cui questi corpi si elettrizzano.

sperimento; le dimensioni poi del corpo elettrizzato, p. es. del conduttore della macchina sono di per sè costanti. Il Volta pertanto calcolò il valore delle due ultime condizioni. — Rispetto alla grandezza dei dischi trovò che l'intensità dell'attuazione era prossimamente proporzionale alla rispettiva grandezza, ossia alla estensione superficiale dei due dischi. — Finalmente in ordine alla distanza, che separa il disco attuante dall'attuato, riconobbe, che la intensità dell'attuazione stava prossimamente in ragione inversa della distanza. Le quali leggi vennero ai tempi nostri confermate specialmente dalle sperienze dell'illustre fisico Belli.

XII.

Un altro italiano, Carlo Barletti, rifacendosi a commentare le sperienze, del Symmer, del Beccaria, e specialmente quelle di Epino e del Cigna, ne amplificò i risultati, e avvalorò la opinione, già manifestata dal Cigna, che la ipotesi di Symmer fosse meglio acconcia, di quella di Franklin, alla spiegazione dei fenomeni dell'elettricità vindice.

Non seguiremo il Barletti nell'esame di tutte le sperienze da lui ricordate nella sua prima operetta pubblicata nel 1774. Perocchè le osservazioni di lui intorno all'adesione, ai movimenti elettrici, alle atmosfere, ed ai fenomeni dell'elettricità vindice, riprodotti con semplici fogli di carta, poco ci presentano di nuovo, dopo quanto ritrovarono i fisici, che in sè fatto ricerche l'hàn preceduto. Bensì riputiamo meritevoli di menzione i fatti seguenti da lui riconosciuti.

Con una serie di sperienze comparative il Barletti trovò che tutti i corpi coibenti erano capaci dell'elettricità Symmeriana, benchè non a grado uguale: essendo più atti a riceverla il solfo, il mastice, la seta, e meno il vetro, il quale per ciò non è affatto impermeabile. — Anzi pensò egli che tutti i corpi coibenti, ridotti a conveniente grossezza,

possono rendersi ugualmente permeabili: e suppose che l'apparente impermeabilità dei coibenti dipendesse da una semplice difficoltà di estricamento del fluido ad essi inerente; la quale si può diminuire con la sottigliezza degli strati coibenti, con l'applicazione di estesi conduttori, o con l'accostamento di corpi acuminati. — Trovò egli ancora il vetro meno resistente dell'aria all'attuazione elettrica: anzi adoperando lastre di varia grossezza, ebbe modo di uguagliare la resistenza del vetro a quella dell'aria. — Coi quali sperimenti egli già preludeva, come pur fecero altri fisici italiani, alla teoria recentemente proposta dal Faraday intorno alla efficacia dei coibenti ne' fenomeni dell'induzione elettro-statica.

A compimento delle sperienze, con le quali il Cigna dimostrava che la elettricità quasi s'infigge entro la materia de' corpi coibenti, il Barletti tuffò un mastice elettrizzato, per quattro volte, nell'acqua fredda, tenendovelo immerso un minuto primo ogni volta: estrattolo poscia e asciugato, non ebbe segni elettrici, ma dopo cinque minuti cominciarono questi ad apparirgli, e grado a grado così vivi, da ricavarne la scintilla.

Di qui suppose che la elettricità, penetrando nei coibenti più addentro della loro prima superficie, si dividesse quasi in altrettante lamine, a quella prima sottoposte; e che perciò potessero queste diverse lamine separatamente caricarsi, e scaricarsi: e quindi eziandio equilibrarsi, e spegnersi la elettricità superficiale, ed anche mutarsi in elettricità contraria, senza pregiudizio della interna, la quale potrebbe poscia, estricandosi dalla materia, manifestarsi e come *risuscitare*. — Mentre egli appunto pensava di spegnere l'elettricità in un mastice, col mezzo della contraria elettricità, per quindi veder risorgere la prima, il Volta ebbe, come egli narra, a notificargli le seguenti sperienze. Elettrizzato fortemente e da qualche tempo un mastice, scaricò sopra la superficie di esse alcune scintille della macchina elettrica. Dopo ciò egli vide scemata l'elettricità del mastice, ma solo

per pochi minuti: chè questa si rinvigoriva da sè, e le scintille che traevansi, col sovrapporgli un disco metallico, si facevano, come prima assai vive e pungenti. — Distruggendo in seguito intieramente la elettricità difettiva del mastice col mezzo di una maggiore dose di eccessiva, e facendo che questa prevalesse su quella, il Volta otteneva dapprima dei segni di elettricità positiva; i quali andavano rapidamente scemando sino a zero, e poscia risorgevano i segni contrarii, cioè gli antichi, e questi, vittoriosi in fine, a poco a poco si ringagliardivano.

Meditando su queste sperienze del Volta, e sovra altre congeneri da lui immaginate, e che noi tralasciamo di accennare, il Barletti si condusse in quei *dubbi e pensieri intorno alla teoria degli elettrici fenomeni*, ch'egli esprimeva in due lettere indirizzate, la prima dell'14 febbraio 1776, al celebre fisico Abate Felice Fontana, direttore del gabinetto filosofico del Granduca di Toscana; la seconda del 24 marzo dell'anno medesimo, ad Alessandro Volta, allora reggente la cattedra di fisica nelle scuole di Como.

Nella prima lettera dichiara il Barletti che avendo, in seguito alle sperienze di Epino, del Cigna ecc., preso nuovamente a considerare le cose elettriche, e rifare con minor prevenzione le sperienze, che lo avevano portato alla Frankliniana teoria, nuove idee gli sorsero nella mente, e al tutto conformi all'ipotesi dei due fluidi immaginata dal Symmer.

E invero: il Barletti è forse il primo tra i fisici, che abbia categoricamente formulato i principi della ipotesi di Symmer. Eccitare, egli dice, o svolgere elettricità non è altro, che scomporre la unione dei due fluidi, o delle parti di un fluido solo, che ne costituisce l'equilibrio e lo stato fisso nei diversi corpi. — Ognuno di questi vuole una determinata quantità dei due fluidi uniti e fissi, o disuniti e sciolti. Quando i due fluidi sono svolti e separati, vi è elettricità, manifestata dai soliti segni. Tendono tuttavia questi fluidi naturalmente a riunirsi;

e in ragione che tornano alla primitiva loro unione, si equilibra e fissa la elettricità, e ne svanisce ogni segno. — Secondo il diverso stato, o modo di unione dei due fluidi ne' corpi che fanno, e ricevono strofinamento, od altra simile azione, svolgesi or l'uno, or l'altro dei due fluidi: ed indi i segni diversi ne risultano, onde si distinguono le due contrarie elettricità. — Se si bilanci in modo l'equilibrio dei due fluidi, ch'essi, per via d'un continuato conduttore, abbiano accesso tra loro libero e continuo, si equilibreranno ad ogni istante le due elettricità. E qualora un simile continuo conduttore si presenti ai due fluidi già svolti e divisi, concorreranno questi alla loro naturale unione, con effetti alla forza loro corrispondenti; e questo è ciò che fa la scarica d'una boccia di Leida.

Per ciò che riguarda le cariche delle faccie opposte dei corpi coibenti, dice il Barletti che due vie naturalmente si presentano, per le quali ogni faccia coibente perde il nativo equilibrio, od elettrizzata tende poscia a ricuperare il naturale suo stato: una esterna, interna l'altra, cioè attraverso lo spessore dello strato coibente. Egli suppone per ciò che l'azione dell'elettricità affluente, p. es. dal conduttore della macchina elettrica, si conduca dall'una all'opposta armatura di un quadro fulminante, o di una boccia di Leida, pel continuato mezzo delle frapposte lamine; e ciascuna d'esse più o meno resista allo svolgimento della propria elettricità secondo la maggiore o minore distanza delle armature medesime, dalle quali egli dice, ogni mossa dell'elettricità dipende. — Si possono inoltre le superficie di un quadro separatamente spogliare della loro elettrica virtù, senza tuttavia privarne le sottoposte lamine: ed una comunicazione stabilita fra le due armature non solo serve a scaricarle vicendevolmente, qualora abbiano contraria elettricità, ma determinerà eziandio la parte del fluido involto nelle sottoposte lamine a prendere, per la più ampia e facile via esterna, quell'equilibrio, cui più difficilmente arriverebbe per la interna via delle frapposte lamine resistenti.

Questi suoi dubbi e pensieri confortava il Barletti con accuratissime sperienze, che gli furono suggerite da quelle di Epino e del Cigna: tra le quali accenniamo quelle, che si riferiscono alle occultazioni e manifestazioni dell'elettricità vindice; alla disuguaglianza di elettrizzamento delle opposte facce d'un quadro; ed ai fenomeni delle elettriche attrazioni e ripulsioni.

Nella lettera indirizzata al Volta il Barletti prende ad esaminare i movimenti elettrici, e dimostra che *l'angolo, ossia l'arco di ripulsione è proporzionale alla quantità di fluido omologo nel corpo ripulso*; il quale teorema, a suo giudizio, rischiarava le vicende delle elettriche ripulsioni fra corpi, che hanno omologa, o comunque varia nell'intensità, la elettrica virtù. — Riferite quindi alcune sue sperienze istituite in presenza dello Spallanzani, accenna come già per altre vie fosse pervenuto a simili deduzioni il celebre Cigna, prima di lui e degli altri fisici. « Troverete, dice al Volta, le sue sperienze molto ingegnose e convincenti. E chi sa che leggendo quelle bellissime ricerche, non perdiate fin d'ora il genio al Franklinianismo? Chi sa che non vi risolviate di sostituire al potentissimo niente Frankliniano se non un fluido, almeno quell'affinità, di cui già avete parlato nella prima vostra dissertazione latina » (1).

XIII.

Frattanto le nuove dottrine dell'elettricità vindice, intorno a cui si esercitavano i migliori fisici italiani, maturavano nella mente del Volta, e lo conducevano, nel 1775, alla invenzione dell'*elettroforo*, e più tardi a quella del *condensatore*.

(1) Barletti, *Nuove sperienze elettriche*, Milano, 1771.

Dubbi e pensieri sopra la teoria degli elettrici fenomeni, Milano, 1776. Lettera a Felice Fontana.

Carlo Barletti, delle scuole pie, nato, nel 1735, a Rocca Grimaldi (Acqui) fu prof. di fisica sperimentale nell'università di Pavia, dove poi veniva chiamato, nel 1779, Alessandro Volta, che dal 1774 insegnava la fisica nelle patrie scuole di Como.

Ammirabile istrumento, dice Arago l'elettroforo, che sotto piccolo volume è sorgente inesauribile di fluido elettrico, e col quale, senza strofinamento, e in qualsivoglia condizione atmosferica, può continuamente il fisico ottenere delle cariche di ugual forza (1). — Di esso il Volta dava notizia al dottor Priestley con una lettera del 10 giugno 1775, e quindi al padre C. G. Campi il 13 giugno, e al canonico Fromond con lettere del 26 ottobre, 14 novembre e 21 dicembre di quell'anno medesimo (2). Egli costruiva l'elettroforo versando entro un piatto di stagno del diametro di un piede, e con l'orlo rilevato d'una mezza linea, un mastice fuso, formato di tre parti di trementina, due di ragia, ed una di cera, e cuoprendo poscia la superficie piana e pulita di esso d'un legno dorato della forma d'uno scudo, di dieci pollici di diametro, che fa le veci di armatura. Se si elettrizza il mastice con la macchina elettrica, oppure strofinandolo leggermente colla mano, o meglio ancora con una fina pelliccia, e si sovrapponga lo scudo (che si alza o si ripone col mezzo di un manico di vetro infisso nel suo centro) e poscia questo si alzi e si riponga sul mastice, toccandolo alternatamente, siccome richiede la teoria dell'elettricità vindice, si

(1) Arago. *Notices biographiques de Volta*.

(2) Ecco le parole con le quali il Volta annunziò a Priestley la sua invenzione:

« Io vi presento un corpo, che una volta sola elettrizzato per brevissim'ora, nè fortemente, non perde mai più la elettricità sua, conservando ostinatamente la forza vivace dei segni a dispetto di toccamenti replicati senza fine. Voi tosto indovinate che siffatto corpo vuol essere una *lastra isolante*, vestita e snudata a vicenda della sua *armatura*. Ma non che indovinare, durerete forse fatica a credere la costante vivacità dei segni, e più la straordinaria loro durevolezza, che è veramente quale ve la propongo, senza termini, o limiti, mentre osservato avrete che troppo lungi ne sono quei che si ottengono dalle lastre di vetro, tenute in conto delle più eccellenti, e guernite della consueta armatura d'una foglia metallica, reputata essa pure la più acconcia a tale uopo; infatti con tale apparato si hanno da principio alcune vive acintille, ma che ben presto illanguidiscono, e durano per lo spazio di poche ore in tempi ancora favorevolissimi. Per ciò appunto io ho rifiutato e le une e le altre, sostituendo alle lastre di vetro quelle di ceralacca, di solfo, o d'altra resinosa materia; e alle sottili e pieghevoli foglie surrogando altre *armature* metalliche sì, ma ferme e di volume assai più ampio, e modellate su lodevole forma d'un capace conduttore.

V. *Collez. delle opere di Volta*, tom. I, pag. 107.

traggono continue scintille, capaci di elettrizzare energicamente un conduttore, o un uomo isolato, o la boccia di Leida.

Uno dei pregi principali di questo semplice apparecchio è la durata del suo elettrizzamento: onde l'inventore lo disse *elettroforo perpetuo*. Il Volta infatti trovò modo di ristorare nel medesimo il primo vigore, che viene col tempo scemando, col solo aiuto della forza residua nell'elettroforo medesimo. — Infatti con le scintille da esso ricavate si carichi una boccia di Leida, e poscia la si scarichi sopra il mastice, applicando a questo l'armatura esterna, se l'interna ricevette la carica dallo *scudo*; e viceversa se questo toccò l'armatura esterna della boccia. Ripetendo due o tre volte queste scariche, riceverà novellamente l'elettroforo la sua prima virtù (1).

La intensità degli effetti del nuovo apparecchio, la facilità di tenerli, e la durata de' medesimi eccitarono l'ammirazione universale. Sorsero tuttavia alcuni fisici a contrastare al Volta la priorità dell'invenzione. Il Cigna fra gli altri, veduta la lettera del Volta al Priestley, a quest'ultimo scrisse ed al Lagrangia, loro osservando come il nuovo elettroforo sostanzialmente altra cosa non fosse, che l'apparecchio moltiplicatore dell'elettricità, da lui immaginato prima del 1762 (2).

Anche il Wilke, prof. di fisica a Stoccolma, aveva, nell'agosto del 1762, costruito un *elettroforo* denominato eziandio *perpetuo*; e presentatane memoria all'accademia delle Scienze di Stoccolma. — Osservavasi da altri come l'apparecchio del Volta non differisse gran fatto da quello del Beccaria, formato di lastre di vetro rivestite di lamine

(1) Il Volta costruì poscia elettrofori di varie dimensioni; tra gli altri uno piccolo e tascabile.

Il Weber immaginò pure un'altra maniera d'elettroforo, ch'egli disse *aereo*, formato d'un pezzo di tela di lino, o di stoffa di lana, disteso sovra un telaio, e con le due faccie di esso in contatto dell'aria; donde il suo nome. — Stropicciandolo al buio con una pelle di gatto, veggonsi scorrere sulla superficie di esso numerose scintille, tanto più vive quanto più estesa è la superficie della stoffa.

(2) Miscellanea Taurin., 1762-1765. *De novis quibusdam experimentis electricis.*

Lettre a M.^r Priestley sur la découverte de l'électrophore. — Lettre a M.^r De la Grange sur le même objet.

metalliche.— Notavasi ancora che la miglior attitudine delle resine a ritenere l'elettricità era già stata riconosciuta da Grey, da Dufay, da Epino. — Aggiungevasi finalmente che Epino e Wilke già avevano anch'essi dato l'esempio d'un vero elettroforo col bellissimo sperimento del solfo fuso in una coppa di metallo, ond'essi traevano, per settimane ed anche per mesi, i segni elettrici, e dal recipiente e dal solfo, ogni volta che li separavano.

A questi appunti rispondeva il Volta con una lettera indirizzata al prof. Klinkosch di Praga, nel maggio del 1776. Ammette egli la priorità delle osservazioni di Grey e di Dufay intorno alla coibenza delle resine: assicura tuttavia di essere stato nelle sue ricerche guidato dalle sperienze dell'elettricità vindice del Beccaria, e non da quelle del Wilke e di Epino, delle quali non era informato. Seguendo i principi, coi quali dava spiegazione dei fenomeni osservati dal Beccaria, « fui condotto, egli dice, a dare una forma più convenevole all'armatura, per ottenere valida e intiera forza d'elettricità; e ben tosto a sostituire le resine al vetro, acciò mi si mantenessero più durevoli i segni, richiamandomi allora, come io mi era già assicurato, della disposizione singolare, che hanno questi corpi di ritenere tenacemente la elettricità impressa. Del rimanente pare non si possano mettere in confronto i piccoli saggi di Epino e di Wilke sopra lo solfo, ed altre resine fuse, col mio elettroforo per conto della grandezza degli effetti. E forse che gli si vorranno paragonare le sperienze di Beccaria colle sue lastre di cristallo vestite di sottili lamine metalliche? Ognuno, io credo, ha dovuto riconoscere la superiorità, a questo riguardo, del mio apparato: che tien luogo d'una buona macchina per tutte le sperienze ordinarie, col quale anzi si possono diversificare di più maniere e facilissimamente: apparecchio che può farsi tanto piccolo da essere portatile in tasca, oppure grande a qualsivoglia segno, per averne effetti superiori a quelli di qualunque altra macchina, di cui l'attività malgrado i tempi, e l'aria men propizia, poco o punto viene a perdere;

che infine (e questo è il massimo suo pregio) può conservare per sempre l'elettricità, una volta impressavi, senza che faccia mestieri ricorrere ad un novello stropicciamento, o ad elettricità straniera ».

« Ecco dunque ove mette capo tutta la mia pretesa alla novità: egli è d'avere inventato, o (se questo ancora sembra troppo forte) perfezionato cotale apparato al segno di ricevere tutti gli accennati, vantaggi, e ridotto a grandissimo comodo per tutti. Infatti quanti di questi apparati veduti non si sono sparsi e moltiplicati in poco tempo? Tanto già non succedette cogli apparecchi di Epino, di Cigna, di Beccaria. — Ho nominato Cigna, perchè se vi ha persona, che si sia portata più vicina alle mie sperienze su l'elettroforo, e, dirò così vi abbia preluso, egli è desso sig. Cigna. E certo almeno che ei pervenne, avanti di me a caricare la caraffa per mezzo dell'elettricità *vindice* o *Simmeriana*, com'egli amò appellarla: e ciò, ricevendo nel pomo della caraffa la scintilla di una lamina di piombo, tenuta con filo di seta isolata, allorchè dopo avervi applicato, ed accostato ben d'avvicino, un nastro fortemente elettrizzato, e dopo aver toccata col dito essa lamina, ne ritirava bruscamente il nastro, replicando poi tante volte questo giuoco, quante bastassero scintille ad una tal carica. — Ma non è meno certo, che con un simile apparecchio non si può sperare di caricare una boccia che debolmente, e ciò anche con molta pena ed imbarazzo, laddove nulla vi ha di più facile che caricarla convenientemente e ad ogni ora con l'elettroforo, e sì anche con uno da tasca » (1).

XIV.

Se alla invenzione dell'elettroforo può dirsi che il Volta fu prima guidato dagli sperimenti altrui, anzi che dai proprii, ben si può, con maggior sicurezza di giudizio, affermare che la costruzione del *condensatore* fu opera esclusiva del suo genio: chè egli trasse il nuovo

(1) *Collez. opere di Volta*, tom. I, pag. 144.

apparecchio dalle modificazioni, che successivamente portò all'elettroforo. Infatti osservando egli come s'aumentasse la capacità dello *scudo* per l'elettrico, se ponevasi in contatto non più d'un perfetto coibente, ma bensì d'un corpo, che soltanto fosse semicoibente, giunse, nel 1782, a comporre un apparecchio, il quale, quanto perdeva di valore come elettroforo, altrettanto e più acquistava di virtù nel discoprire la presenza del fluido elettrico, là dove ogni altro mezzo elettroscopico rimanevasi muto:

Già altrove abbiamo detto comporsi il condensatore del Volta di due dischi metallici separati da uno sottilissimo strato di materia coibente.

Nei primi condensatori, immaginati dal Volta, la *base* era formata d'un corpo semicoibente (siccome un piano di marmo asciutto, una tela, una tavola di legno, un foglio di carta pergamena ecc.) posto in immediato contatto con lo *scudo*. Egli sostituì poscia al semicoibente un corpo conduttore, separandolo dallo *scudo* con un sottile strato di materia coibente, p. es. di ceralacca, o meglio di vernice di lacca, di copale, o d'ambra, tanto che insomma un sottilissimo velo coibento separasse i due dischi portati a combaciamento, appena quanto bastava ad impedire il contatto metallico: nel che consistono le condizioni di un ottimo condensatore, massime quando si tratti di accumulare una elettricità soverchiamente debole. Muniva quindi il disco superiore di un manico isolante, e l'inferiore di un piede, che per solito era formato di materia isolante, affinchè potesse l'istrumento servire al maggior numero di sperienze.

Il condensatore fu quindi modificato da Lichtenberg, da Mayer e da Cavallo, col sostituire alla vernice frapposta ai due dischi metallici un semplice strato d'aria. A tal fine generalmente i due dischi sono sorretti da due colonne di vetro, con piede scorrevole in una scanalatura, per cui si possono accostare l'uno all'altro, raffigurando così l'apparecchio di Epino per l'elettrizzamento di una *lamina d'aria*. Che

se la disposizione dei dischi è orizzontale, si sovrappongono l'uno all'altro, separandoli con goccioline di ceralacca o d'altra sostanza coibente; il che sarebbe un'imitazione dello sperimento del Cigna delle tavole di legno rivestito di carta dorata, sovrapposte e separate con sottili lamine di vetro.

Delle tre forme accennate di condensatori la prima cadde in disuso, perchè si fatti apparecchi non potevano essere uniformi a se stessi, e paragonabili cogli altri, e inoltre richiedevano molta diligenza nella scelta e nella preparazione dei corpi semicoibenti, affinchè cioè non fossero nè troppo conduttori, nè troppo coibenti; chè nel primo caso disperderebbero l'elettricità comunicata allo scudo, nel secondo renderebbero difficile lo spostamento elettrico. — L'ultima forma rese il condensatore squisitamente sensibile: ma v'ha pur sempre il pericolo, che la interposizione di un esilissimo corpo conduttore impedisca l'accumulazione dell'elettricità. — Migliore pertanto è la seconda forma data dal Volta al suo apparato, sempre che i due dischi abbiano un discreto spessore, affinchè non si pieghino, e siano piani e ben levigati, il che s'ottiene smerigliandoli l'uno con l'altro, ed abbiano una uniforme e sottilissima spalmatura di vernice coibente.

Ad esplorare col mezzo del condensatore l'elettricità d'un corpo, si tocchi con questo il piatto collettore, mentre l'altro disco si mette in comunicazione col suolo. Si allontani poscia il corpo elettrizzato, e si tolga la comunicazione col suolo; e si sollevi poscia l'altro disco col manico isolante (ovvero si discosti, se l'apparecchio è a dischi verticali), esso darà indizio dell'elettricità sovr'esso accumulata, e che era allo stato latente, finchè i due dischi stavano in presenza l'uno dall'altro. Evidentemente pertanto il condensatore è fondato sul principio delle opposte atmosfere elettriche, separate da un coibente; il quale principio (come opportunamente osserva il Zantedeschi, delle scoperte italiane ricercatore accuratissimo) è dovuto al Cigna, il quale, prima d'ogni altro fisico, riconobbe che l'interposizione d'un coibente a

conduttori oppostamente elettrizzati accresce la capacità di questi pel fluido elettrico. Ma è merito incontestabile del Volta l'aver divinata la importanza di questo principio, applicandolo alla creazione del più geloso strumento, che abbia mai posseduto la fisica.

Ma il Volta fece anche più immaginando, nel 1783, l'artificio di riunire il condensatore al suo elettrometro a paglie, e farne così un corpo solo con esso: mercè la quale riunione, oltre al minor volume complessivo dei due apparecchi, e la maggior comodità dello sperimentare, giungeva ad ottenere risultati, cui non valevano a raggiungere da soli l'elettrometro ed il condensatore, per quanto esatti fossero e delicati. — Anche Saussure, e verso la medesima epoca, pensò ad un simile artificio, adoperando tuttavia diversamente. Vide cioè che poteva profittare della lastra metallica da lui posta per fondo alla campanetta del suo elettrometro, destinandola all'ufficio di *piatto* del condensatore, posandola o sopra un piano di marmo asciutto, o di taffetà verniciato, o di altro qualunque semicoibente. — Similmente più tardi il Bennet applicò il condensatore al suo elettrometro a foglia d'oro, e prima di conoscere l'applicazione già fattane dal Volta, sostituendo alla sfera metallica, ossia al cappello del suo elettrometro il piatto inferiore del condensatore, rivestito di una sottile vernice, e sovrapponendo a questo lo *scudo* munito di manico isolante (1).

Utilissimo riesce in molte sperienze il condensatore del Volta. — Infatti esso esplora l'elettricità atmosferica, non avvertito dagli apparati ordinarimente usati; riconosce i residui latenti della carica di una boccia di Leida, le cui armature già siano state ripetutamente

(1) Per le minime tensioni il Bennet immaginò poscia un *duplicatore*, perfezionato, in seguito, da Cavallo e da Nikolson; come già il Cigna aveva composto il *moltiplicatore*.

Ai tempi nostri Peltier modificò il condensatore del Volta, costruendolo con tre dischi di vetro, combacianti perfettamente tra loro e rivestiti di foglia d'oro incollata sui vetri con albumina.

Anche il Belli migliorò la costruzione del duplicatore di Bennet. Per la descrizione di questi apparati veggansi le opere degli autori citati.

toccate con l'arco eccitatore; — rende vive le scintille di una macchina elettrica debole o per vizio di costruzione, o per soverchia umidità dell'ambiente, o per imperfetto isolamento dei conduttori; — accenna anche il più lieve elettrizzamento dei corpi strofinati, — con esso infine il Volta istituì le memorabili sperienze sull'evaporazione dei liquidi, e quelle sul contatto dei metalli eterogenei, che lo condussero poscia alla scoperta della *Pila*.

Il condensatore in una parola è per l'elettricità ciò, che il microscopio è nelle scienze naturali. Con ragione pertanto il Volta annunciava alla Società Reale di Londra il suo nuovo apparecchio con le seguenti parole: « un apparecchio, che portando a uno straordinario ingrandimento i segni elettrici, fa sì che osservabile divenga e cospicua quella virtù, che altrimenti, per la estrema sua debolezza, sfuggirebbe ai nostri sensi, ognun comprende di quale e quanto vantaggio sia per riuscire nelle ricerche sull'elettricità, e massime intorno alla naturale atmosferica, la quale allora solamente, che il cielo è ingombro di nuvoloni scuri e tempestosi avviene, che ci si renda sensibile nei conduttori ordinari non molto elevati, e appena è che in altri tempi ne mostri qualche indizio in quelli elevatissimi, o nei *cervi volanti* portati all'altezza di più centinaia di braccia » (1).

XV.

La molteplicità e la varietà de' fatti relativi all'attuazione elettrica, de' quali fu discorso in questa sezione, ne consiglia e, quasi dissi, ne domanda un riassunto. Il che noi faremo brevemente, perchè più chiari ed ordinati si mostrino i progressi di questo ramo della scienza elettrica.

(1) *Del condensatore, ossia del modo di rendere sensibilissima la più debole elettricità, sia naturale, sia artificiale.* Memoria presentata alla Società R. di Londra.

V. *Collez. opere di Volta*, tom. I, pag. 221.

Phil. trans., tom. LXXII, parte I.

Primi furono il Canton e il Franklin a riconoscere l'azione, che i corpi elettrizzati esercitano a distanza. E tuttavia pensarono, come il più dei fisici del loro tempo, che le atmosfere elettriche fossero prodotte da emanazioni di fluido de' corpi elettrizzati. — Questo errore fu corretto dalle osservazioni del Wilke e di Epino. Il primo stabilì con l'esperienza il principio generale, che le parti dei conduttori immerse nell'atmosfera d'un corpo elettrizzato assumono lo stato elettrico contrario a quello dell'atmosfera, in cui sono immerse. Il quale principio esteso da Epino a tutti i corpi, qualunque pur fosse il rispettivo grado di conduttività per l'elettrico, fu poscia da entrambi applicato all'elettrizzazione di una lamina d'aria, e d'una lastra di vetro. Dai risultati che s'ebbero in sì fatte sperienze, Epino conchiuse, che nei fenomeni di attuazione l'elettricità d'un corpo elettrizzato tutta rimanevasi in esso, esercitando solamente un'azione attrattiva e ripulsiva fino a data distanza: onde per atmosfera d'un corpo elettrizzato altro non dovevasi intendere, che la sfera di attività del fluido elettrico libero su quel corpo.

Frattanto analoghi sperimenti, ed uguali effetti di adesione venivano osservati da Symmer sopra calze di seta, e confermati dal Nollet sopra nastri della stessa materia. Dall'esame dei quali il fisico inglese veniva condotto ad ammettere l'esistenza di due fluidi elettrici opposti, nella loro azione, quasi fossero emanazioni di potenze in antagonismo fra loro. — Pochi fatti tuttavia avvaloravano da principio questa ipotesi: e la massa dei fenomeni osservati, appariva tuttavia sconnessa, e non subordinata ad alcuna legge generale.

I fenomeni dell'attrazione presero un nuovo aspetto, e si generalizzarono nelle ricerche sperimentali del Cigna. Il quale li studiò non solo nei nastri di seta, e nelle lamine di vetro e nell'aria, ma eziandio nei corpi conduttori in contatto dei coibenti. E da questi sperimenti dedusse un facile modo di moltiplicare la elettricità senz'altro strofinamento; caricò una boccia di Leida con la elettricità svolta nel

disgiungimento e nella riunione di un corpo conduttore e d'un altro coibente elettrizzato; notò i residui delle cariche dei vetri e degli apparati di Leida, e stabilì il fatto, già osservato da Grey e da Dufay, della penetrazione del fluido elettrico nella sostanza dei corpi coibenti; prima del Volta, ricercò le condizioni da cui dipende la più o meno facile permeabilità de' corpi pel fluido elettrico; e scuoprì, che la interposizione di un coibente a corpi conduttori accresce la capacità di questi per l'elettrico.

Wilke ed Epino, dietro il famoso esperimento dei Gesniti di Pekino, Symmer con le calze di seta, Cigna con le sue variatissime esperienze, prepararono il terreno a nuove ricerche: le quali venivano intraprese dal padre G. B. Beccaria. Questi infatti, nell'attuazione elettrica, per servirei delle parole stesse del Volta, « fece di vero i più gran progressi, giungendo a stabilire delle leggi semplici e luminose ». Egli confermò il contrario elettrizzamento dei corpi attuante ed attuato; riconobbe che le atmosfere elettriche omologhe tendono a distruggersi, e le contrarie a rin vigorirsi, e che l'aria esercita, rispetto alle atmosfere dei corpi elettrizzati, il medesimo ufficio, che il vetro compie rispetto alla elettricità, che trovasi svolta sopra le due facce di esso; stabilì la legge, che le attrazioni o le ripulsioni dei corpi, oppostamente o similmente elettrizzati, stanno nella diretta ragione della somma delle elettricità contrarie o simili, e nella inversa delle rispettive masse. Osservò infine che due corpi coibenti, oppure un coibente ed un conduttore, contrariamente elettrizzati, esercitavano fra loro la medesima azione di due corpi conduttori, posti in identiche condizioni; notando tra gli uni e gli altri questa sola e notevole differenza, che i primi presentavano, dopo essersi attirati, una certa adesione. Il che lo indusse a pensare, che nella unione i due corpi realmente perdessero tutta la loro elettricità, e nuovamente la riscattassero, poché che venivano separati.

Questa loro proprietà di recuperare nel disgiungimento la elettricità perduta nella congiunzione, egli la pose, sotto il nome di elettricità

vindice, a fondamento della teoria, con cui s'avvisò di spiegare tutti i fenomeni osservati nelle cariche dei corpi coibenti in contatto di conduttori, o di altri coibenti.

Il Volta accettando le leggi sperimentali dedotte dal Beccaria, ne combattè vittoriosamente la discussione teorica. Mostrò egli come i fenomeni dell'elettricità vindice non solo, ma e le attrazioni dei corpi diversamente elettrizzati, e il vario elettrizzamento che i corpi strofinati ricevono, e le cariche dei vetri, e l'azione delle elettriche atmosfere, si potevano naturalmente spiegare, meglio che con l'aggiunta di un nuovo principio alla teoria frankliniana, con la ipotesi di una particolare forza attrattiva, propria del fluido elettrico.

Finalmente il Barletti si diede a commentare in ispecial modo le sperienze di Epino e del Cigna, dimostrando come il fluido elettrico s'infigga nella materia dei corpi coibenti, dal quale fatto egli fece dipendere i residui delle scariche, e i fenomeni dell'elettricità vindice; e ricercando la varia resistenza, che i coibenti oppongono ai fenomeni dell'elettrica attuazione. I quali fenomeni giudicò egli contrari all'ipotesi di Franklin, mentre gli parvero facilmente spiegabili con quella di Symmer, della quale stabilì i canoni fondamentali.

Intanto frutto delle molte ricerche intorno all'attuazione elettrica nei corpi conduttori e nei coibenti, fu, oltre una serie numerosa di nuovi fatti sperimentali, la invenzione di due preziosissimi istrumenti, l'elettroforo ed il condensatore: validi sussidiari, l'uno e l'altro, della macchina elettrica, della boccia di Leida, e degli apparati elettroscopici; entrambi dovuti al genio del Volta, abbenchè alla costruzione del primo siansi, prima di lui, avvicinati altri fisici, e segnatamente il Cigna, ed alla costruzione del secondo abbia servito di base il principio, ritrovato eziandio dal Cigna, relativo all'aumento di capacità per l'elettrico nei conduttori separati da un diaframma coibente.

Che se nella esposizione delle materie di questa Sezione, oltrepassando la misura sin qui tenuta, discenderemo ad esaminare molti

fatti particolari, è debito nostro il dichiararne qui le ragioni. Le quali furono principalmente queste: che le cose riguardanti la elettrica attrazione, hanno un'intrinseca importanza, d'assai maggiore delle precedenti, applicandosi esse generalmente a tutti i fenomeni elettrici; — che alla discussione delle medesime presero parte i fisici di maggior grido del secolo passato: onde, col metterne a confronto i lavori, si presentava il migliore degli argomenti per giudicare del merito comparativo dei medesimi; — che finalmente dovevasi per noi dimostrare, con l'appoggio dei fatti, come in questa lotta scientifica la parte migliore e più degna sia toccata agli Italiani. Ad essi infatti si deve la teoria dell'elettricità detta *vindice*; ad essi la costruzione dell'elettroforo e del condensatore; ad essi infine la dichiarazione dei primi fatti relativi all'efficacia de' corpi coibenti ne' fenomeni di attuazione o di induzione elettrostatica. Che se oggi attribuire comunemente si suole all'illustre fisico inglese Faraday la nuova teoria, per la quale vorrebbe considerarsi l'attuazione elettrica come un'azione, non a distanza, bensì mediata, e dipendente dalla natura dei corpi interposti al corpo induttore e all'indotto, vuolsi tuttavia che per noi si affermi, come già i fisici italiani del secolo passato, non supponessero che la attuazione elettrica avvenisse assolutamente a distanza, e senza che niuna modificazione sulla medesima esercitasse la natura e la massa dei corpi interposti a quelli, tra i quali aveva luogo l'attuazione. Chè il Cigna, il Beccaria, il Volta ed il Barletti furono di credere, che entro le molecole dei corpi avvenisse uno spostamento elettrico, più o meno facile e pronto, secondo la varia natura e grossezza de' corpi coibenti interposti. E ciò è pur bene il dichiararlo, dappoichè chiarissimo risulta a chiunque esami le opere dei medesimi.

SEZIONE SESTA.

Ricerche intraprese nella seconda metà del secolo XVIII intorno agli effetti ed alla natura dell'elettricità. — Effetti meccanici: risultati sperimentali ottenuti dal Beccaria sull'aria e sull'acqua; da Van-Marum, da Franklin e da Priestley sovra i solidi. — Sperienze di Watson, di Wilson, di Canton, di Beccaria, ecc. sugli effetti luminosi: — Di Kinnersley, di Franklin, di Priestley, di Beccaria, di Volta e di Van-Marum sugli effetti calorifici: — Di Franklin, di Dalibard e di Beccaria sugli effetti magnetici: — Di Beccaria, di Volta, di Van-Troostwich e di Paetz sugli effetti chimici: — Di Beccaria e di Volta sugli effetti fisiologici: cenno sulla terapia elettrica. — Ipotesi di Franklin e di Symmer immaginate per la spiegazione dei fenomeni elettrici; ed applicate eziandio ai fenomeni magnetici.

I.

Le cose già dette nelle precedenti Sezioni ne dispensano dallo esporre minutamente e le sperienze dei fisici del secolo passato intorno agli effetti svariati del fluido elettrico sulla materia ponderabile, e le teorie immaginate a spiegarli: — bastando che qui si accennino i risultati delle prime, e i principi fondamentali delle seconde.

A procedere con ordine riduciamo gli effetti dell'elettricità a quattro classi distinte: cioè meccanici, fisici, chimici e fisiologici.

Gli effetti meccanici consistono in violente espansioni, in squarciamenti e rotture dei corpi, pe' quali trapassa la scintilla: ed è naturale che tanto più sono intensi, quanto maggiore è la resistenza opposta dai corpi al passaggio del fluido, od, in altre parole, quanto minore è la conduttricità dei corpi per esso.

Beccaria fu il primo, come già si disse, ad investigare la maniera d'azione della scintilla sull'aria. Il cigolamento del fuoco elettrico, che spiccia nell'aria da una punta, e lo scoppio delle scintille, tanto più forte quanto maggiore è la quantità del fuoco tragittante lo persuasero delle vibrazioni dell'aria, e lo condussero, fin dal 1752, a spiare in un cannello di vetro l'azione dell'aria, vibrata e scossa dalla scintilla, sul liquido in esso contenuto. Scorse il Beccaria con questo sperimento (e così pure il Kinnersley nel 1761), che l'aria « è scagliata in ogni verso dalla scintilla, e proporzionatamente alla copia e densità del fuoco, che la costituisce, e che ne è scagliata con una forza di dilatazione, la quale dura tuttavia alcun tempo dopo passata la scintilla » (1).

Non minore è l'effetto meccanico del fluido elettrico nel trapassare pei liquidi. Invero la scintilla splende come nell'aria, e i liquidi oscillano, e se trovansi in piccola quantità, sono sparpagliati, divisi e lanciati a distanza.

Watson, Wilson e Kinnersley condussero la scarica d'una boccia di Leida attraverso l'acqua: Jallabert, Le Monnier e Franklin la propagarono attraverso laghi e fiumi: Nollet, e i fisici tedeschi, notarono l'accelerazione della vena di liquido sgorgante da vasi elettrizzati. Ma da questi sperimenti non risultava ancora il modo d'azione della scintilla sui liquidi: questi si credettero anzi di poco meno atti dei metalli a condurre la elettricità. — Fu primo il Beccaria a dimostrare con molte sperienze, che l'acqua valeva a condurre facilmente l'elettrico solamente quando trovavasi in molta copia. Ponendo infatti una goccia d'acqua fra le punte smussate di due fili di ferro, e fatta passare per essi la scarica d'una boccia di Leida, vide il Beccaria dissiparsi l'acqua, e dividersi su tutta la interna parete del globo di vetro, dentro il quale era rinchiusa (2). — Introdusse altresì in tubi

(1) Beccaria. *Elettricismo artificiale*, pag. 227.

V. Periodo terzo, Sezione seconda, pag. 233 a 239.

(2) *Elettricismo artificiale e naturale*, pag. 117.

di vetro, interamente pieni d'acqua e chiusi con tappi, dei fili di ferro, sicchè le estremità loro s'addentrassero nei tubi a poca distanza l'una dall'altra: scaricando per essi una boecia di Leida, gli apparve la scintilla nel luogo di loro interruzione, e vide l'acqua rimossa, e i tubi non di rado rotti in frantumi e lanciati a grande distanza. Con la carica d'una batteria di Leida, di 400 pollei quadrati (eirea 29 dee. q.) di armatura, egli ruppe un tubo di vetro, le cui pareti avevano lo spessore di 2 linee (4, 5 millim.), e i frammenti furono lanciati a distanza di 20 piedi (metri 6, 5). A distanze proporzionalmente maggiori vennero slanciati dei tubi, le cui pareti avevano la grossezza minore di una linea. — Vide il Beccaria sollevarsi la colonna del mercurio nel barometro, allorchè facevasi passare per essa la scarica di una batteria. — Finalmente a porre questi effetti in maggior luce egli immaginò la costruzione del *mortaio elettrico*, formando con un cilindro di cera (oggi si fa con l'avorio) una cameretta, la cui boeca era chiusa da una sfericiuola di piombo. Due fili metallici traversando le pareti del cilindro, finivano nella cameretta, a poca distanza fra loro. Con un pennello deponava il Beccaria una goccia d'acqua tra i due fili, e all'atto della scarica della boeca di Leida, vedeva la palla slanciata a più o meno grande distanza (1).

Come nei fluidi, così avviene il disgregamento della materia nei corpi solidi, anche i più compatti, allorchè essi sono imperfetti conduttori, o presentano delle interruzioni, o troppo angusti sono rispetto alla copia e alla tensione dell'elettrico, che li trapassa. Quindi la carta e i vetri sono forati; una catenella ricoperta d'uno strato di resina interamente se ne spoglia, se l'attraversa una forte scarica. Similmente si riduce in polvere un pezzo di carbone, e si spezza violentemente il legno.

(1) *Dell'elettricismo*. Lettera VI, pag. 74. — *Dell'elettricismo artificiale*, pag. 247.

V. Periodo terzo, Sezione seconda, pag. 240 a 244.

Tali sono i fatti che ci vengono narrati da Van-Marum, da Franklin e da Priestley. Il primo con la batteria di Leida, caricata colla potente macchina elettrica del gabinetto di Harlem, spezzò un cilindro di borsò, lungo circa 44 centimetri, con altrettanto di diametro (1). — Franklin vedeva rompersi frequentemente le listerelle di vetro, che egli adoperava nello strettoio elettrico (2). Priestley fissando una foglia metallica sovra una lastra di vetro, su cui poscia scaricava una batteria, vedeva rompersi il vetro nelle parti scoperte, e fendersi raramente nella parte sottostante alla lamina metallica (3). E fu appunto nell'istituire queste ricerche intorno ai fenomeni, che presenta la rottura del vetro per la scarica, che giunse ad ottenere gli *impronti metallici* e gli *anelli colorati*, di cui parleremo trattando degli effetti fisici dell'elettricità.

II.

La scoperta dell'accumulazione dell'elettricità negli apparati di Leida favorì lo studio degli effetti fisici; intorno ai quali già avevano prima istituite non poche ricerche Hawkesbec, Dufay, Ludolf, Winkler e Nollet. Di questi effetti altri sono luminosi, altri calorifici, ed altri infine magnetici.

La scintilla, apparsa la prima volta a Dufay, fu studiata nelle sue svariate modificazioni di figura, di vivacità, di colore, ecc. dai fisici Watson, Wilson, Beccaria, Priestley, ecc.

Il Watson elettrizzando una lastra di rame, introdotta, per mezzo d'una verghetta, in un cilindro di vetro, vuoto d'aria, lungo 3 piedi,

(1) Description d'une très-grande machine électrique, placée dans le muséum de Tayler à Harlem etc.

Première continuation des expériences ecc., pag. 14.

(2) *Oeuvres de Franklin*, tom. I, pag. 64.

V. Periodo terzo, Sezione prima, pag. 156.

(3) *Hist. de l'électr.*, tom. III, pag. 308.

e del diametro di 3 pollici, vedeva diffondersi l'elettricità ad altra lamina metallica, posta in fondo al tubo: era, dic'egli, un curioso spettacolo, il vedere al buio la materia elettrica farsi strada nel vacuo, non in corti fascetti, come accade nell'aria, ma per corruscazioni lunghe quanto il tubo, splendide come argento, e continue a modo di corrente: i quali fatti dimostrano, a suo avviso, che la ripulsione, onde il fuoco elettrico mostrasi animato nell'aria, non è una virtù propria del fluido stesso, sibbene un effetto della resistenza di essa. — Attraverso quel tubo scaricò pure una boccia di Leida, e lo vide subitamente illuminato nell'istante dell'esplosione. — Questi lampi di luce assai più vivi gli si presentarono nel doppio tubo barometrico, immaginato da Cavendish: essendo che il barometro presenta il maggior vuoto, che si possa con l'arte ottenere. Il Watson trovò tuttavia, che il vuoto non era così atto a trasmettere l'elettricità, come i metalli, e come l'acqua (1).

Wilson, rinnovando lo sperimento di Hawkesbee, vide illuminarsi internamente, con ramificazioni curiose, un globo di vetro, contenente aria più o meno rarefatta, posto in rapida girazione, e strofinato esteriormente con la mano (2).

Canton osservò il succedersi di lampi rapidi e frequenti, quasi ad imitazione di ciò, che avviene nelle aurore boreali, in un tubo di vetro vuoto d'aria, ed accostato ad altro tubo elettrizzato (3).

Le sperienze di Hawkesbee nei cilindri vuoti, e quelle di Watson col doppio barometro di Cavendish, furono ripetute e commentate dal Beccaria. — Egli sperimentò con cilindri internamente rivestiti di cera, di solfo, e altra volta di pece; lasciando scoperte le parti estreme di essi, per scorgervi l'interiore espandimento del fuoco elettrico. Esaminando i vari accidenti della luce elettrica, diffusa in uno

(1) *Phil. trans.*, vol. XLVII, pag. 367 a 373.

(2) *Wilson's, essai*, pag. 216.

(3) *Phil. trans.*, vol. XLVIII, parte I, pag. 356.

spazio d'aria diradata, egli pensò, che il diverso colore della medesima dipendesse dalla maggiore o minore rarezza del fuoco elettrico il quale, secondo che tragitta più addensato, o più rado, splende di luce più bianca e più viva, oppure di luce più debole e colorata in rosso-violetto. Dedusse altresì che il vuoto perfetto era un ottimo deferente, e che tale sua proprietà andava scemando a proporzione, che diminuivasi la rarefazione dell'aria. — Ricercando le apparenze luminose del fiocco e della stelletta, che sono presentate dalle punte metalliche, sovrapposte o semplicemente accostate a corpi elettrizzati, riconosceva la natura dell'elettricità svolta sovr'esse e sui corpi, cui si accostavano, e deduceva il modo di circolazione dell'elettrico vapore: nelle quali ricerche lo seguivano poscia il Wilke e gli altri fisici contemporanei. — Studiò poscia le varie modificazioni della scintilla nell'aria: cioè la direzione flessuosa, a modo di piccolo fulmine, la quale egli ritenne dovuta alla resistenza dell'aria, che condensandosi dinanzi alla scintilla, la costringe a deviare: — la grossezza variabile nei diversi punti di sua lunghezza; scorrendo la scintilla più splendida, più vivace e più bianca a' suoi estremi, che non nella parte di mezzo, dove appare di color violetto-rossiccio, e più ristretta: — e la vivacità, tanto maggiore, quanto è più copioso il fluido tragittante, e la riproduzione sua, o il *salto* nei singoli punti di interruzione dei conduttori: donde poi venne la costruzione dei *tubi*, dei *globi* e de' *quadri scintillanti*. — Egli infine scorrendo similmente coloriti, ed anche similmente posti gli oggetti alla luce della scintilla, come si veggono alla luce del sole, giudicò che quella doveva pure risultare dagli stessi primitivi raggi similmente coloriti, e soggetti alle medesime leggi di riflessione, di rifrazione e di dispersione: e la ripetizione dello sperimento di Newton gli mostrò i colori prismatici nella scintilla (1).

(1) *Elettricismo artificiale*, pag. 224, 229, ecc.

Elettricismo artificiale e naturale. pag. 137.

Dufay, Saint-Hales, Priestley e Gardini studiarono le variazioni di colore della scintilla secondo la natura diversa de' corpi, da' quali esce, e de' mezzi pe' quali trascorre: così videro che la scintilla tratta dal rame e dall'argento era verde, e rossa dal ferro irrugginito, dal legno, e in generale dagli imperfetti conduttori; bianca nell'acido carbonico, diffusa e porporina nell'aria diradata, gialla se scorrente sulla polvere di carbone, e rossa sulla superficie dell'olio di vetriolo (1).

La luce della scintilla ha inoltre la proprietà di eccitare sulla faccia di molti corpi la fosforescenza: specialmente se di poca conduttività sono forniti, e scabra ne è la superficie. Fu Lane il primo ad osservare nel fosforo un tale fenomeno, che poi il Beccaria riprodusse in molte altre sostanze. — Notò questi inoltre, che alcune materie riacquistano, mercè le cariche elettriche, la perduta fosforescenza: ed altri fisici, ripetendo le sperienze di lui, resero luminosa la massa di alcuni corpi, dirigendo su questi la scarica. Egli infine considerò eziandio come elettrica la luce, che appare nei vasi di vetro e di altre sostanze coibenti assai sottili, allorchè li percuote un veemente colpo d'aria, che s'introduce nella capacità loro dianzi vuota (2).

III.

La scintilla attraversando i corpi li riscalda, ed eziandio li infiamma e li volatilizza. — Nelle sperienze già ricordate di Beccaria e di Kinnersley col termometro aereo-elettrico, notavasi un fatto meccanico di scuotimento, ed uno fisico di dilatazione nell'aria (3); — in quelle di Ludolf, di Nollet, di Watson, ecc., che già furono eziandio

(1) *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, 1734-1737. *Mém.* VII de Dufay. — *Phil. trans.*, 1738. — Priestley, *Hist. de l'électr.*, tom. III, pag. 246. — Gardini, *De electrici ignis natura. Dissertatio*. Mantuae, 1792.

(2) *Dell'elettricismo*. Lettera al Beccari, pag. 257. — *Dell'elettricismo artificiale*, pag. 320.

(3) V. Periodo terzo, sezione prima, pag. 154. — Sezione seconda, pag. 235.

accennate, dimostravasi la virtù dell'elettrico di infiammare le materie combustibili. Riaccendevasi una candela, se dal conduttore della macchina elettrica traevasi una scintilla sovra il lucignolo di essa ancora caldo e fumante. L'alcool tiepido, l'etere, il colofonio, e la polvere da guerra s'infiammavano con la scarica della boccia di Leida, ed anche semplicemente con la scintilla della macchina elettrica (1).

Uguale virtù ha l'elettrico sovra i gaz infiammabili, siccome fu dimostrato, nel 1776, dal Volta col suo *accendilume elettrico*. Il quale consiste in un gazometro di vetro, posto sovra un elettroforo, e nel quale si raccoglie il gaz idrogeno, prodotto dall'azione dello zinco sovra l'acqua acidulata. Strofinata prima la stacciata dell'elettroforo, si fa girare una chiavetta, la quale apre un tubo del gazometro, donde esce l'idrogeno. Al tempo stesso s'innalza lo scudo dell'elettroforo, e si produce una scintilla fra due conduttori ed attraverso al getto del gaz, il quale s'infiamma ed accende un cerino collocato a poca distanza (2).

La scintilla, come infiamma le materie combustibili, così fonde e volatilizza i metalli. Franklin riuscì a fondere, per mezzo di scariche elettriche, delle sottili foglie metalliche. Vide parimenti formarsi, per ripetute scintille, delle macchie azzurre sovra lastre d'argento, ed altramente colorate sovra una lamina di ferro (3).

Kinnersley traducendo la scarica di trentasei boccie per un filo di ferro lungo due piedi, e tratto verticalmente da un peso, lo allungò di un buon pollice, e con una seconda scarica lo allungò di quattro

(1) V. Periodo secondo, Sezione terza, pag. 79.

Collez. opere del Volta. Lettera IV al padre Campi. Tom. II, parte II, pag. 42.

(2) Il prof. Ehrmann in un opuscolo stampato a Strasburgo col titolo « *Description et usage de quelques lampes à air inflammable* » attribuisce a Furstenberger di Basilea l'invenzione dell'*accendilume elettrico*, la quale è, senza contrasto, dovuta al Volta. Infatti questi lo costruì nella primavera del 1777, poco dopo la invenzione, parimenti sua, della *pistola ad aria infiammabile*, e nel seguente autunno, all'occasione di un viaggio nella Svizzera, ne diede l'idea allo stesso Furstenberger, cui il prof. Ehrmann vorrebbe dare il merito della scoperta.

(3) V. Periodo terzo, Sezione prima, pag. 155.

pollici, ed anzi lo ruppe nel mezzo. Con la stessa batteria fuse poscia un filo di ferro del diametro di un quindicesimo di linea (1). — Canton, Beccaria e Priestley rinnovarono in più modi il curioso sperimento di Kinnersley.

Bellissime, quantunque poco ricordate dagli scrittori di elettricità, sono le ricerche di Priestley intorno al potere calorifico della scintilla. Ei le condusse con molta avvedutezza, e ne ricavò delle osservazioni importanti, la esattezza delle quali non venne punto smentita dalle sperienze istituitesi ai tempi nostri. Così egli osservò, che facendo passare la scarica di una forte batteria elettrica attraverso a due fili metallici, uguali nel diametro e nella lunghezza, ma di natura differente e legati l'un l'altro capo a capo, un solo di essi era fuso e disperso; e quest'era sempre il meno conduttore dei due. Trovò infatti, che la scarica disperdeva affatto il filo di ferro, e lasciava intatto il filo d'ottone; disperdeva il filo di ferro, e non alterava quello di rame; volatilizzava questo, e rispettava l'ottone; sperdeva l'ottone, e lasciava intero l'argento; scioglieva questo e non l'oro ecc. Osservava altresì, che il piombo si volatilizzava prima dello stagno. Dalle quali sperienze comparative conchiudeva, che la capacità dei diversi metalli di resistere interi al colpo elettrico, seguiva l'ordine seguente: oro-argento-ottone-rame-ferro: il che viene a dire, che in quest'ordine medesimo erano essi più o men buoni conduttori dell'elettricità: per ciò che più intenso è lo svolgimento del calorico in quei corpi, che meno sono atti a propagare il fluido elettrico (2).

Van-Marum, con la sua grande macchina elettrica di Tayler, giunse a fondere un filo di ferro di sedici metri di lunghezza: e sperimentando sovra fili di egual diametro e di diversa natura, trovò che la lunghezza, che d'ognun d'essi poteva fondere con una medesima scarica, era maggiore pel piombo, quindi per lo stagno, pel ferro, per

(1) V. Periodo primo, Sezione terza, pag. 455

(2) Priestley. *Hist. de l'électr.*, tom. III, pag. 454.

l'oro, ecc. Istituendo tali prove nell'aria, i fili erano fusi ed eziandio bruciati, semprechè fossero di metallo ossidabile. Il che già era stato osservato da Priestley sovra fili di ferro, abbenchè a' suoi tempi non s'avesse ancora esatta conoscenza del fenomeno della combustione.— Con la scarica d'una batteria di 32 piedi quadrati egli fuse un filo di ferro di un sessantesimo di pollice di diametro, ed un pezzo ne fu lanciato rovente a distanza di sei piedi. — Talora le scintille dei frammenti di ferro erano slanciate in ogni direzione, e cadendo a terra si serbavano rosse per qualche tempo. — Con la scarica di una batteria di cinquantadue piedi quadrati arroventò un filo di ferro lungo nove pollici; vide poscia che i due capi di esso avevano subito una compinta fusione; le parti successive, per uno o due pollici, erano così fragili, che potevansi con le dita ridurre in minimi pezzi, e il mezzo del filo aveva perduto la sua pulitura, restando tuttavia abbastanza sodo (1).

Introducendo fili metallici in piccoli tubi di vetro, e facendoli traversare dalla scarica, li riduceva in bellissimi globuli di metallo. Con la scarica d'una batteria di trentadue piedi quadrati ridusse un filo di ferro, chiuso entro un tubetto di vetro, in una infinità di globuli metallici di varia grandezza, e per un tratto di quasi due pollici di filo. Essi cuoprivano uniformemente la interna superficie del tubo, alla quale si erano tenacemente attaccati, insieme ad un polviscolo nero, che non potevasi distaccare, senza levare ad un tempo una porzione del vetro. — Un tubo di carta fu pure uniformemente coperto di questa polvere nera, la quale così tenacemente aderiva alla carta, che fu impossibile il cancellare la macchia (2).

Questi impronti metallici eransi già prima ottenuti dal Kinnersley o dal Beccaria. Distendevano essi fra due lastre di vetro, larghe un pollice e lunghe tre all'incirca, una listerella di foglia d'oro, di

(3) Priestley. *Hist. de l'électr.*, tom. III, pag. 312.

(4) Id. id. id. pag. 310.

argento, d'ottone, o di stagno, larga una mezza linea nella metà, e un po' più larga agli estremi, che facevano sporgere fuori delle lastre; e fatta passare la scarica d'una batteria, trovavano la foglia metallica improntata sull'una e sull'altra lamina di vetro, e così aderente, che neppure l'acqua forte bastava a levarla.

Singolarissime sono le osservazioni fatte da Priestley intorno alle macchie e agli anelli colorati, che le grandi scariche formano sulle lastre di metallo. Il 13 giugno 1766, scaricata una batteria, della superficie di circa quaranta piedi quadrati, casualmente notò sul bottone di rame pulito, con cui aveva ottenuta la scarica, una macchia circolare assai grande, attornata da una zona circolare di polviscolo nero, che facilmente si levò, e più in là scorso un cerchio esatto e brillante, formato di parti superficialmente fuse, come le parti centrali della macchia. — Fenomeni somiglianti ottenne poscia sopra lamine pulite di piombo e d'argento. In questo tuttavia osservò che la macchia centrale era composta di altrettanti punti, esattamente disposti nella direzione di raggi partenti dal centro di un circolo. Osservati, dic'egli, al microscopio, i punti brillanti della macchia centrale, e del circolo esteriore, presentavansi come altrettante cavità simili a quelle della luna, veduta al telescopio; e gli orli presentavano delle ombre, quando si esponevano al sole. — Le cavità prodotte dalla scarica di una stessa batteria si addentravano a varia profondità, crescendo nei diversi metalli nell'ordine seguente: stagno-piombo-ottone-oro-acciaio-ferro-rame-argento.

I circoli esteriori gli apparivano alcune volte composti di punti assai grandi, collocati a un dipresso ad uguale distanza sopra una circonferenza intiera, e compiuta, negli intervalli, da punti più minuti, visibili soltanto col microscopio; ma generalmente non presentavano che una zona di punti irregolarmente disposti. Appena osservò, dic'egli, questo cerchio unico, pensò tosto che, qualunque fosse d'altronde la causa di tale fenomeno, probabilmente avrebbesi potuto

ottenerne due concentrici, ed anche più, a mezzo d'una scarica più gagliarda, oppure ricevendo questa sovra metalli di più facile fusione. E così avvenne: poichè vide sovra un pezzo di stagno formarsi un secondo circolo, posto dal primo a quella stessa distanza, che separava questo dalla macchia centrale, e composto di punti finissimi, appena visibili, ma di un'apparenza assai bella. Similmente sovra una lastra di lega fusibile nell'acqua bollente, e con la scarica d'una batteria di sessanta piedi quadrati, ottenne tre circoli concentrici e fra loro equidistanti (1).

Aggiungiamo infine i risultati ottenuti dal Beccaria sovra i corpi non metallici, che egli riusciva a fondere con la scarica di due quadri, la somma delle cui armature era soltanto di sette piedi quadrati. Egli riduceva in polvere, se v'era d'uopo, la sostanza, su cui voleva sperimentare; e la introduceva poscia in un cannello di vetro in tale quantità da formarne un cilindretto, alto più o meno di una linea, secondochè la sostanza era più o meno isolante. Fasciava quindi il cannello con carta robusta, affine di poter esaminare i pezzi del cannello, che la scintilla spesso rompeva. Trovò il Beccaria in queste sperienze, che la polvere di borace, che era opaca, diveniva, per la scarica trasparente, e aderiva al vetro, del quale la scintilla squagliava eziandio la superficie; — che la raschiatura di gesso laminoso si calcinava; — che il litargirio di piombo si vetrificava acquistando un color giallognolo trasparente; — che il verderame produceva una macchia di color rosso acceso, e lucida come smalto; — che similmente la calce di antimonio si vetrificava in macchia gialla e lucente; — che la polvere di zinco scioglievasi in un blanco fumo, ch'era di fiori di zinco (2).

(1) Priestley, tom. III, pag. 325 e seg.

(2) *Dell'elettricismo*. Lettera al Beccari, pag. 254.
Dell'elettricismo artificiale, pag. 308.

Al Franklin, al Dalibard e al Beccaria debbonsi le prime ricerche intorno alla virtù magnetica della scintilla. — Sapevasi già da tempo che i fulmini hanno la virtù di calamitare: ma Franklin fu il primo che, imitando col fuoco elettrico artificiale l'azione del naturale, magnetizzò aghi sottili d'acciaio con la scarica d'una batteria. — In seguito Dalibard notò che la estremità dell'ago, per cui entra la scintilla, acquista la proprietà di volgersi al nord, quando libero di sè galleggi sull'acqua. — Franklin e Dalibard osservarono inoltre che un secondo colpo di scintilla uguale al primo, ma di contraria direzione, distrugge l'effetto della prima scintilla.

Erasi puranche già avvertito che la polarità, e quindi la direzione degli aghi delle bussole marine, era talvolta rovesciata da un colpo di fulmine: il che accennava una duplice azione del fluido elettrico naturale; cioè di distruggere la primitiva direzione dell'ago magnetico, e di indurne una nuova.

Il Beccaria studiando questi fatti, e paragonandoli ai risultati delle molte sperienze da lui istituite, precorse le idee de'suoi tempi, e prima dell'invenzione della *pila* e delle scoperte di Oerstedt, divinò l'unità dei due fluidi magnetico ed elettrico.

Egli riconobbe verissimo da prima che la scintilla elettrica dà, toglie, o rovescia la direzione magnetica ad un ago d'acciaio: ma vide altresì, che tale fatto aveva un rapporto più grandioso col nostro mondiale sistema, di quello che da principio si fosse opinato; giacchè, dic'egli, « la scintilla elettrica dà, toglie, rovescia in istante la direzione magnetica, similmente che in tratto di tempo lo dà, toglie o rovescia nei ferri più grossi la semplice posizione; sicchè pare che la valida scintilla non faccia che indurre in un istante quell'alterazione di posizione delle parti, cui più lentamente induce la universale impercettibile corrente dello stesso fluido, che con la data direzione si mova

nel nostro sistema ». Della verità di questa legge egli si convinse sperimentando con aghi sottili di molla d'acciaio, lunghi due pollici, e sospesi pel loro centro di gravità, a modo d'aghi magnetici. Collocò questi aghi in direzioni successivamente diverse rispetto al meridiano magnetico: invertì in ciascun esperimento la posizione delle loro estremità; li dispose infine verticalmente; e traducendo per essi la scarica di due grandi vasi di cristallo, trovò costantemente che la scintilla, e così il fulmine, induceva ne' corpi la direzione magnetica non giusta alcun rapporto alla direzione, con cui in essi entrava o usciva, ma secondo la posizione, nella quale trovavansi i corpi magnetici sottoposti alla scarica.

Vide tuttavia quanto debole fosse la magnetizzazione prodotta dalla sola posizione, in confronto della polarità e della forza magnetica dei ferri colpiti dalla scintilla o dal fulmine.—Anzi questa singolare efficacia del fuoco elettrico rispetto al magnetismo crebbe valore alla congettura, in che egli venne, che appunto « ai particolari colpi degli atmosferici o sotterranei fulmini si vogliano attribuire le particolari magnetiche forze della calamita, e che da alcuna universale sistematica circolazione dell'elettrico elemento siano prodotte le universali e sistematiche proprietà de' corpi magnetici ».—Intorno alla quale sentenza disse Priestley: « ecco un pensiero veramente grande, il quale, se si verifica, porterà molta semplicità nelle nostre idee sulle leggi della natura »⁽¹⁾.

(1) *Dell'elettricismo*. Lettera al Beccari, pag. 260.

Dell'elettricismo artificiale, pag. 305.

Il Beccaria, già fin dal 1758, così scriveva al Beccari:

« Se è desso il fuoco elettrico, il quale, attraversando violentemente, calamita in istante, o circolando blandamente, imprime ne' corpi capaci alcuna magnetica direzione; non sarebb'egli lo stesso, che con alcuna determinata, universale, impercettibile, perpetua, periodica circolazione, cui facesse dalle settentrionali parti alle meridionali, universalmente ogni magnetica direzione producesse e conservasse? » E della probabilità di sì fatta circolazione egli argomentò dalle variazioni della direzione in tempi ed in luoghi diversi; e specialmente dalla considerazione delle aurore boreali; che egli giudica essere una appariscente circolazione di fuoco elettrico tra le parti settentrionali e le meridionali, quasi fossero un visibile straboccamento della universale, costante, uniforme, impercettibile, elettrico-magnetica circolazione.

Dalla scarica delle boccie di Leida si ebbero pure gli effetti chimici, che oggi soglionsi ottenere copiosissimi per mezzo della corrente generata dalla pila Voltaica. Essi furono primieramente ottenuti dal Beccaria sovra gli ossidi metallici attraversati dalla scarica elettrica. Infatti egli riduceva allo stato metallico degli ossidi rinchiusi in tubi di vetro, sui quali dirigeva le poderose scariche d'una batteria. Ottenne per tal modo lo zinco, e decompose il solfato di mercurio.

L'accensione delle sostanze infiammabili, solide, liquide ed aeriformi, che vedemmo prodursi con la semplice scintilla della macchina elettrica, vuolsi considerare come effetto non solamente calorifico, ma eziandio chimico dell'elettricità.

La combinazione delle sostanze aeriformi, nel fenomeno dell'accensione, fu posta in luce negli apparecchi della *pistola elettrica*, e dell'*eudiometro ad aria infiammabile*, immaginati dal Volta.

Alla costruzione di entrambi fu il Volta condotto dallo studio delle proprietà dell'aria infiammabile da lui ritrovata nelle paludi del Verbano e del Lario. Agitando con un bastone l'acqua melmosa nera di alcuni punti della spiaggia dei due laghi, vedeva in copiosi gorgogli sollevarsi quest'aria, che accendevasi con fiamma azzurrina, accostandole un cerino acceso. Gli venne allora in pensiero di sperimentare se ad infiammare l'aria delle paludi potesse bastare il fuoco elettrico. E le ricerche istituite intorno alla potenza della scintilla nell'accendere l'*aria infiammabile*, lo condussero alla costruzione di « una picciola lombarda, od archibuso di nuova foggia, il quale caricato, in luogo di polvere, d'*aria infiammabile* mescolata in giusta dose colla *deflogisticata*, potrebbe cacciare una palla con impeto e rimbombo, e accendersi per mezzo d'un acciarino, proprio come un archibuso comune ».

Queste cose scriveva il Volta al padre Campi, nel gennaio del 1777 (1); e nell'aprile dell'anno medesimo, in tre lettere, esponeva al Marchese Francesco Castelli la costruzione d'un *moschetto* e d'una *pistola ad aria infiammabile*.

La *pistola*, che fu dall'autore stesso variamente modificata, componesi d'un piccolo vaso di metallo, in cui s'introduce un miscuglio di ossigeno e di idrogeno, e semplicemente di aria e d'idrogeno, e che poi si chiude con un tappo di sovero. V'ha nella parete di questo vaso una tubulatura, per la quale s'addentra un'asta metallica, isolata in un tubetto di vetro, terminata esteriormente in una sfericciuola, e internamente ripiegata contro la parete del vaso. — Accostando la sfericciuola al conduttore della macchina elettrica, od allo scudo sollevato dell'elettroforo, scocca la scintilla, che riproducendosi nell'interno, tra la punta metallica e la parete del vaso, determina la combinazione del miscuglio gassoso, la quale avviene con forte detonazione; mentre il tappo è lanciato a grande distanza (2).

La proprietà del fluido elettrico di accendere un miscuglio di ossigeno e di idrogeno fu poscia applicata dal Volta a determinare la quantità d'ossigeno contenuta in un dato volume d'aria atmosferica. Mescolando un volume noto d'idrogeno con un volume parimenti noto d'aria, in un recipiente graduato, e facendo traversare il miscuglio dalla scarica elettrica otteneva, per residuo, del solo azoto; e vedeva

(1) *Sull'aria infiammabile nativa delle paludi*. Lettere sette al padre Carlo Giuseppe Campi C. R. S.—V. *Collez. opere di Volta*, tomo III, pag. 60.

Il Priestley parlando dell'accensione di sostanze infiammabili per mezzo della scintilla, siccome dello spirito di vino, del fumo d'una candela spenta di fresco, dice, che « l'aria altresì prodotta dall'effervescenza della limatura di acciaio con dell'olio di vitriolo diluito nell'acqua, e da molte altre sostanze, che gettano un vapore infiammabile, può essere accesa col medesimo mezzo ». V. tom. III, pag. 143. — Watson ottiene pure, per mezzo dell'elettricità, l'accensione di vapori infiammabili, prodotti con mezzi chimici. V. Periodo secondo, Sezione seconda, pag. 54.

Ma questi risultati, non ancora ben definiti, rimasero ignorati sino ai tempi del Volta, il quale ne fece l'applicazione ai due nuovi apparati elettrici.

(2) *Collez. opere del Volta*, tom. III, pag. 133.

frattanto proporzionalmente diminuire la capacità del tubo occupata dal gaz residuo. — Di qui la costruzione di un *nuovo eudiometro* del quale il Volta scriveva al Dottor Priestley, nel settembre del 1777. Componevasi il nuovo apparecchio di un vaso cilindrico di cristallo del diametro di circa un pollice, e lungo circa quattordici, chiuso superiormente da un turacciolo di sughero, rivestito di mastice, e traversato da due fili metallici finienti a poca distanza, l'un dall'altro, nel vaso, e terminati esternamente da due sfericciuole. Riempito d'acqua questo recipiente, il Volta lo capovolgeva in altro maggior vaso pieno d'acqua, e v'introduceva quindi determinate misure di aria infiammabile e di aria comune. Tenendo poscia con una mano una delle sfere metalliche faceva scoccare la scintilla sull'altra sfera. Questa scintilla ripetendosi entro il vaso, e nel piccolo intervallo delle due punte, dava fuoco all'aria contenuta nello spazio superiore del tubo, la quale dilatandosi tosto generava uno scuotimento nell'acqua. Ma cessata questa scossa, l'acqua rimontava, accennando così la diminuzione seguita nel volume dell'aria.

Tale è in sostanza la forma primitiva dell'eudiometro del Volta. L'autore v'introdusse poscia diverse modificazioni, che lo resero più elegante, e al tempo stesso più comodo; e di questo diede conto in una speciale memoria intorno all'*eudiometro ad aria infiammabile* (1).

La decomposizione dell'acqua, che fu il primo degli svariati effetti, che si ebbero dalla pila di Volta, fu pure ottenuta, nel secolo passato (1789), dai chimici olandesi Paetz, Van-Troostwich e Deimann. Bellissime sono le sperienze da essi istituite. Scaricarono dapprima la batteria di Leida sopra una goccia d'acqua posta fra due punte metalliche; ad imitazione di quanto faceva il Beccaria a dimostrare l'effetto meccanico della scarica sull'acqua. — Fecero quindi

(1) *Sopra un nuovo eudiometro*. Lettera al dottor Priestley. V. *Opere del Volta*, tom. III, pag. 177. — *Descrizione dell'eudiometro ad aria infiammabile*. Memoria divisa in due parti. V. *Opere del Volta*, tom. III, pag. 197.

scoccare una serie di forti scintille tra le punte di due fili metallici introdotti in un tubo pieno d'acqua, la quale venivasi gradatamente risolvendo in ossigeno ed idrogeno. Proseguendo poscia le scariche, e venendo con queste a colpire lo spazio già pieno di questi due gaz mescolati, ne ottenevano l'accensione: onde scomparivano interamente, o quasi, riproducendo l'acqua. — Queste esperienze furono tosto ripetute dai francesi Sylvestre e Chappe, e quindi dagli inglesi Cuthbertson e Pearson (1).

Sembra tuttavia che il Volta sia stato il primo a concepire l'idea di ottenere effetti chimici dalla elettricità di attrito, e senza scoppio di scintilla. « Ho creduto sempre, egli scriveva, che anche con la semplice corrente, prodotta dal movimento di una buona macchina elettrica comune, si potrebbe giungere ad ottenere le chimiche decomposizioni; ond'è che invitato io aveva il Dottore Van-Marum a farne la prova con la sua grande macchina del gabinetto di Tayler ». Ciò che il Volta congetturava fu verificato dagli sperimentatori inglesi. — Wollaston nel 1804, dirigendo l'azione del torrente elettrico sovra minime parti di acqua riuscì a decomporla. Introdusse egli in un tubo capillare di vetro un sottilissimo filo d'oro o di platino terminato da una parte in una sfericciuola metallica, e dall'altra in finissima punta: fondeva poscia il vetro al cannello, serrando così il filo nella massa del vetro. Traeva poscia delle scintille dalla macchina elettrica per mezzo della sfericciuola metallica, mentre la punta del filo era immersa nell'acqua d'un vaso comunicante col suolo: e vedeva comparire su questa punta, per cui dissipavasi l'elettrico nell'acqua, delle bolle aeriformi, le quali si riconobbero composte dei due gaz ossigeno ed idrogeno (2).

(1) *Journal der physik.* Lipsia, 1790, tom. II, pag. 130. — *Journal de physique.* Novembre, 1789, pag. 369. — *Nickolson's journal*, tom. I, pag. 242. — *Annales de chimie*, 1790, tom. VI, pag. 121.

(2) *Collez. opere del Volta*, tom. II, parte II, pag. 225.

Annales de chimie et de physique, tom. XVI, pag. 45.

Assai più complessi che i fenomeni meccanici, fisici e chimici sono gli effetti fisiologici dell'elettricità: la quale cagiona soltanto la sensazione come di lieve puntura di spillo, se traesi da una macchina elettrica, e scuote violentemente l'intero organismo, ed anche lo priva istantaneamente di vita, se proviene da un apparato di Leida, o se è la stessa scintilla del fulmine.

La commozione, che dicesi *scossa*, è una specie di urto, che si prova nel medesimo istante in diverse parti del corpo, per le quali passa l'elettrico fluido. Essa è tuttavia più forte nelle articolazioni, che non in altra parte del corpo.

Il Beccaria ed il Volta hanno tentato di determinare le leggi di questo fenomeno fisiologico.

Parve al Beccaria che la maggior commozione, che provasi nelle articolazioni, dipenda dalla maggiore resistenza, che gli integumenti, per la loro particolare natura, o per la ristrettezza delle loro parti, oppongono al passaggio del fluido. — Egli attribuì il fatto delle commozioni, che prova tutto l'organismo, per una forte scarica, ad una specie di contraccolpo, o rimovimento, all'entrare della corrente nel corpo, e a riflusso al cessare della medesima (1).

Il Volta si propose di determinare il rapporto esistente fra l'energia della scossa, la quantità e la tensione del fluido. Egli non riuscì a verificare se la forza della medesima era, come generalmente ammettesi dai fisici, in ragione composta della quantità e della tensione. Gli parve tuttavia che la sensazione crescesse più per l'aumento della tensione, che non per l'aumento di capacità. Del quale fatto egli diede ragione, osservando che una data quantità di fluido, allorchè è contenuta in una più grande capacità, impiega più tempo a scaricarsi, e le ultime impressioni sopraggiungono, quando già finite, od almeno

(1) *Elettricismo artificiale*, pag. 266.

assai indebolite, sono le prime. Ma quando il fluido è raccolto in minore capacità esce in meno tempo, e tuttora sussistono le prime impressioni, quando sopravvengono le successive; onde se n'ha una scossa più viva. — La durata delle impressioni portate dalla scossa sul sistema nervoso sembrò al Volta di circa un minuto terzo (1).

Gli effetti delle scariche dell'elettricità artificiale, e quelli assai più terribili del fulmine, rivelavano la grande potenza del fluido elettrico sui corpi viventi; ma inducevano altresì la speranza nei fisici di poterlo efficacemente applicare, moderandone la forza, come mezzo terapeutico. — Nè mancavano esempi di cure elettriche già felicemente riuscite nella prima metà del secolo XVIII. La notizia dei risultati ottenuti da Jallabert erasi divulgata non solo in Europa, ma eziandio in America: e gli stessi tentativi infruttuosi del Nollet, e le cure mediche del Pivati, combattute dagli uni e difese dagli altri, concorrevano ad incoraggiare gli elettricisti a nuovi sperimenti.

Di questi or vorrebbesi trattare, per compiere le nozioni di elettricità medica, già esposte nel periodo precedente. Ma oltrepasserebbe d'assai i limiti del compito nostro la esposizione dei lavori intrapresi sulla terapia elettrica nella seconda metà del secolo passato; oltrechè al postutto si troverebbe che, per tanto affaticarsi di elettricisti, non fece la scienza che un ben scarso guadagno. Infatti quasi a un tempo sperimentavano di queste cose De Sauvages, Sans, Mazeas, Thoury, Sigaud de la Fond, Mauduyt, Bertholon, e Mazars de Cazelles in Francia; Watson, Fothergill, Brydone, Lovet, Birch, Wesley, Cavallo in Inghilterra; Bohadct in Boemia; Zetzel in Svezia; Achard in Prussia; l'olandese De Haen in Austria; Franklin in America ecc. Nè le ricerche di tanti sperimentatori erano rivolte alla cura di una sola classe di malattie: ma e la emiplegia e le paralisi in genere, e il tetano, e l'epilessia, e le flogosi e le febbri, e i reumatismi, e il ballo

(1) *Collez. opere del Volta*, tom. II, parte II, pag. 215.

di S. Vito, e la sordità e l'isterismo, ed anche il mal di denti ecc. furono sottoposti al trattamento elettrico. Era quindi naturalissima cosa che ad un numero notevole di guarigioni operate dall'elettricità si contrapponesse un numero non certamente minore di cure mal riuscite. — Per queste ragioni noi ci limitiamo a brevissimi cenni intorno ai modi di cura elettrica adoperati, ed ai principali risultamenti con essi ottenuti.

Secondo la natura della malattia, e la sensibilità degli individui, e la delicatezza degli organi malati, solevasi impiegare la scossa, la scintillazione, la pressione e il bagno elettrico, il soffio, la fregagione elettrica, l'elettro-puntura e lo stropicciamento. — Consiste la *scintillazione* nello scaricare successivamente la scintilla della macchina elettrica sulla persona; la quale è posta in comunicazione col suolo. — Così è della *scossa*, che si ottiene dalla scarica di una o di due boccie di Leida. — Si elettrizza per *pressione*, quando la persona collocata sullo sgabello isolatore riceve la elettricità dal conduttore della macchina elettrica, con cui è in contatto: — per *bagno elettrico*, quando la persona trovasi in un ambiente d'ogni parte circondato da materie coibenti, ed elettrizzato per mezzo di punte metalliche annesse al conduttore della macchina elettrica. La persona trovasi così immersa in un'aria elettrizzata, come in un bagno di elettrico: — per *soffio elettrico*, quando si accosta una parte del corpo ad una punta metallica unita al conduttore della macchina: — per *fregagione elettrica*, quando con una spazzola formata di fili metallici, elettrizzata ed isolata, si frega una parte del corpo: — per *elettro-puntura*, quando con una spilla d'oro o di platino si conduce la elettricità della macchina nella parte inferma: — infine si elettrizza per *stropicciamento diretto*, quando la persona, collocata sullo sgabello isolatore, si strofina con pelle di gatto sopra una parte nuda del suo corpo.

Comprende ognuno che non poteva essere indifferente l'applicazione di qualunque di questi metodi nella cura delle diverse malattie.

— Così, a cagion d'esempio, la scarica, attraverso qualche parte del corpo, dell'elettricità condensata nelle boccie di Leida, esercita una azione, che in piccolo rappresenta quella del fulmine; utile quindi in taluni rarissimi casi di paralisi antiche, può riuscire pericolosa nel più degli altri casi, ne' quali abbisogni di eccitare appena il sistema nervoso, senza scuoterlo gagliardamente.

Il metodo più generalmente usato nel secolo scorso fu quello della pressione elettrica, da taluni eziandio denominata bagno elettrico, ossia l'elettrizzazione del malato posto sovra sgabello isolatore, e in comunicazione con la macchina elettrica. — L'effetto, se pur ve n'era, dovevasi attribuire all'efflusso dell'elettrico nell'aria. Quindi a facilitare quest'efflusso, traevansi scintille da varie parti del corpo della persona elettrizzata, accostandovi dei conduttori, o semplicemente la mano, od anche delle spazzole metalliche. — Questo metodo si applicò specialmente alla cura delle paralisi; le quali sono in definitiva le quasi sole malattie, cui realmente giovevole siasi mostrato in più casi il trattamento elettrico.

Infatti De Sauvages, dell'accademia di Mompellieri, in una lettera pubblicata nel 1749, riferisce due casi di guarigione di paralisi, da lui ottenuta sovra un giovane di diciassette anni, e sovra un vecchio settuagenario, paralitici il primo da quindici, e il secondo da ventidue anni.

Il Dottore Mauduyt pubblicò, nel 1781, una serie di pratiche osservazioni volte a dimostrare la efficacia dell'elettricità, nella paralisi e in tutti i casi, ne' quali è mestieri fluidificare i liquidi, e dar tono ai solidi. Delle cure di paralisi, da lui tentate, egli diede il ragguaglio seguente. Di 14 paralitici, che seguirono scrupolosamente la cura elettrica, 10 ne provarono un notevole vantaggio, anzi 3 di essi guarirono affatto; e 4 non ne ricavarono giovamento. — Di 28 altri, che non continuarono la cura elettrica, seguita per alcun tempo, 21 migliorarono, e tra essi 2 guarirono. — Di 9 altri che tralasciarono la cura elettrica, poco dopo averla incominciata, 4 ne risentirono giovamento.

Risultati alternamente buoni e cattivi dalle cure elettriche ottennero pure Sigaud de la Fond, Cavallo e Bertholon. Nè occorre che qui si accennino in modo particolare. — Osserveremo soltanto che la erroneità ed anche la stranezza dei principii teorici, ai quali gli elettricisti del secolo passato, e specialmente Bertholon, appoggiavano i loro metodi di cura, fu la principale cagione per cui, a vece di estendersi, l'applicazione medica dell'elettricità, cadde a poco a poco in abbandono, sino a che gli effetti della corrente, ottenuti dall'apparato Voltaico la fecero risorgere. Del che vno si dare il merito principale all'italiano Aldini. Perciocchè egli fu primo ad applicare il galvanismo alla medicina: e a lui tennero dietro il Nobili, il Marianini, il Matteucci ecc, e gli stranieri Sarlandières, Petrequin, Duchenne, Pulvermacher ecc. Tuttavia, malgrado tante ricerche di elettricisti e di fisiologi, poche nozioni positive si hanno intorno alla reale efficacia della elettricità come agente terapeutico (1).

VII.

Volgasi ora uno sguardo alle teorie con cui si cercò di spiegare gli svariabilissimi effetti, de' quali siamo venuti finora discorrendo.

Già furono accennate, nel precedente periodo, le ipotesi, che nella prima metà del secolo passato si immaginarono a spiegare i fenomeni dell'elettricismo: nè occorre più il richiamarle a confronto di quella di Franklin, della quale furono diffusamente esposti i principii nelle due prime sezioni di questo periodo. Per ciò che tutte, — non esclusa quella del Nollet, la quale avvalorata, forse più che da altro, dalla fama dell'autore, per alcun tempo sostenne ancora la lotta, — furono vinte dalla nuova dottrina del filosofo americano (2).

(1) Veggasi il giudizio del Volta sull'efficacia della elettricità, come agente terapeutico. Opere. Tom. I, parte II, pag. 167.

(2) A combattere la ipotesi del Nollet, oltre il Beccaria, siccome vedemmo, si levò pure il fisico francese Le-Roy, il quale, in una memoria letta il 14 dicembre

La ipotesi di Franklin fu universalmente accolta per la sua semplicità, ed eziandio per la facilità, con cui dava ragione dei fenomeni elettrici, e specialmente di quelli dell'apparato di Leida. — Ciò nulla meno il fatto, d'altronde semplicissimo, della ripulsione vicendevole di due corpi negativamente elettrizzati non trovava una facile spiegazione nella ipotesi di Franklin: la quale, pertanto se non inammissibile, mostravasi per lo meno bisognevole di modificazioni. — E queste vi furono introdotte da Epino in seguito ad una sagace analisi delle forze, che simultaneamente supponevansi concorrere nella produzione dei fenomeni elettrici.

Epino accettò i principi stabiliti da Franklin: che le tenuissime molecole costituenti il fluido elettrico fossero dotate della virtù di repellersi mutuamente, anche a sensibili distanze; e che per contro fossero attratte dalla materia ponderabile. — Quindi i corpi, i quali contengono la dose di fluido, che loro è naturale, non danno indizio di elettricità, poichè le due forze di ripulsione delle molecole elettriche, e di attrazione delle molecole dei corpi, si fanno equilibrio.

Egli distinse i fenomeni elettrici in due grandi classi. Compresse nella prima gli effetti, che l'elettrico fluido produce nel passare da un corpo, ove trovasi in eccesso, in altro che ne difetta: e nella seconda le attrazioni e le ripulsioni dei corpi elettrizzati. — Nell'esame dei fenomeni della prima classe, considerando da prima il caso di un corpo allo stato naturale, osserva che questo, finchè rimane in tale stato, non concepisce alcun movimento, essendo le due forze opposte di attrazione e di ripulsione in equilibrio. Ma se gli si aggiunge alquanto

1753 all'Accademia di Parigi, dimostrava la necessità di distinguere due specie di elettricità, l'una prodotta dalla *condensazione* del fluido, detta dal Franklin elettricità positiva, e l'altra dalla *rarefazione* del fluido, chiamata dal Franklin elettricità negativa: le quali due elettricità gli apparvero, come al Beccaria, dimostrate dal fiocco e dalla stelletta, che presentano il conduttore e la macchina elettrica, armati di punta metallica. — In altra memoria, letta nel 1755, richiamò in vigore la distinzione del fluido resinoso e del vitreo, già proposta da Dufay.

V. *Mémoires de l'Acad. des sciences de Paris pour l'année 1753. Id. 1756.*

di fluido, prevale la forza ripulsiva di ciascuna molecola sopra la forza attrattiva della materia, e quindi avviene movimento, e ripulsione.

È agevole parimenti il comprendere quanto debba accadere nel caso di elettrizzamento in meno. Le residue molecole elettriche poste alla superficie del corpo, scemate di forza, saranno attratte verso il centro, e nuove molecole elettriche affluiranno dall'esterno a ricomporre lo stato naturale del corpo.

Esaminò poscia il caso più complicato d'un corpo, in cui il fluido elettrico sovrabbondi da una parte e difetti dall'altra, ed a semplificare il ragionamento, considerando l'azione, che la materia propria del corpo esercita sopra due molecole elettriche, collocate a due punti opposti del corpo, riconobbe che, per l'azione combinata delle forze, tende il fluido a trasportarsi dalla parte ove è in eccesso, a quella che ne difetta, con una celerità di movimento varia, secondo il grado di coibenza o di conduttricità della materia del corpo.

A determinare poi le leggi delle attrazioni e delle ripulsioni egli suppose due corpi A e B p. es. non elettrizzati, e posti in presenza l'uno dell'altro. Questi corpi, egli dice, sono evidentemente animati da tre forze: 1.° la materia di A attrae il fluido elettrico di B. 2.° Il fluido di A respinge il fluido di B. 3.° Il fluido di A attrae la materia di B. — Queste tre forze sono perfettamente uguali. La prima è uguale alla seconda, perchè sono opposte fra loro, e lo stato naturale dei corpi è una conseguenza del loro equilibrio. La prima è ancor essa uguale alla terza: cioè l'attrazione della materia di A sul fluido di B è pari all'attrazione, che il fluido di A esercita sulla materia di B: imperocchè queste attrazioni sono come le forze; e queste sono, per legge meccanica, come i prodotti delle masse per le velocità. Ora facilmente si scorge la uguaglianza di questi prodotti, se si pone mente che la velocità, prodotta in un corpo dalla forza attrattiva di un altro, è come la massa di quest'ultimo corpo, e che la quantità naturale di fluido elettrico è proporzionale alla massa.

Ecco dunque tre forze fra loro uguali. — Ora la prima è distrutta dalla seconda, perchè l'una all'altra direttamente opposte. Come dunque si distruggerà l'effetto della terza forza? — Dovevasi pertanto necessariamente supporre una quarta forza uguale, ed opposta alla terza; e non potevasi ricercare all'infuori dell'azione mutua, che i corpi esercitano fra loro. Ammise quindi Epino una forza di ripulsione nelle molecole dei corpi. E se una tale ipotesi a lui stesso parve a tutta prima contraddetta dalle leggi della gravitazione, un tale dubbio svanì dalla sua mente, poscia che notò come questa ripulsione non dovesse aver luogo che nell'atto dell'elettrizzazione de' corpi; quando cioè invasi dal fluido elettrico, potevano da questo ricevere un'azione non dissimile da quella del calorico, che induce nelle molecole de' corpi una particolare forza ripulsiva. — Quest'azione ripulsiva nei fenomeni elettrici, e in generale tutte le azioni elettriche, erano da Epino considerate come effetti prodotti da agenti esterni, i quali tuttavia non preteso di conoscere, tenendosi pago di poter ridurre alle poche suaccennate azioni tutti i fenomeni di attrazione e ripulsione elettrica.

Quest'è l'ipotesi, onde mosse Epino a stabilire *a priori* che un corpo, allo stato naturale, portato in presenza d'un altro elettrizzato, acquista elettricità contraria. E di qui egli trasse i risultati, già altrove discussi, e pei quali, a buon diritto, il nome di Epino si annovera tra quelli dei più chiari elettricisti del secolo passato ⁽¹⁾.

(1) *Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi*, pag. 35.

* L'illustre chimico inglese Enrico Cavendish, in una memoria pubblicata nel 1771 sulla natura dell'elettricità, suppose eziandio una forza ripulsiva molecolare, come condizione necessaria per l'equilibrio elettrico.

V. *Phil. trans.*, 1771, pag. 584.

Tra i fisici italiani del secolo nostro il Mossotti, il Pianciani ed il Belli sostennero pure, come il Cavendish, la teoria di Epino. V. Mossotti. *Sur les forces qui régissent la constitution intérieure des corps*. Turin, 1836, pag. 9. — Pianciani. *Istituz. fis. chimiche*, vol. III, pag. 77. — Belli. *Corso di fisica*, vol. III, pag. 92 e 444.

La ipotesi di Epino aveva sopra quella di Franklin, il vantaggio di prestarsi all'analisi delle forze elettriche, e di condurre perciò, a mezzo di calcoli semplicissimi, alla spiegazione dei fenomeni elettrici. — Ma il doversi ammettere una forza ripulsiva tra le molecole de' corpi, in vece d'una forza attrattiva, per spiegare la ripulsione dei corpi negativamente elettrizzati, e lo ammettere in modo assoluto, che la quantità naturale del fluido elettrico fosse proporzionale alla massa dei corpi, parvero ai fisici in opposizione coi principi newtoniani: onde si rinunziò alla teoria di Epino.

Quasi al tempo stesso che Epino, Roberto Symmer, veniva condotto, come già vedemmo, da una serie di curiose esperienze, alla supposizione che il fluido elettrico fosse composto di due sostanze particolari, fornite delle stesse proprietà meccaniche, cioè mobilissime, elastiche, e repellenti in se medesime, ma dotate di una reciproca forza attrattiva, per la quale tendessero del continuo a combinarsi fra loro. Suppose egli, che in questa loro composizione od unione consistesse lo *stato naturale* de' corpi; e che sorgesse lo stato elettrico dalla separazione e decomposizione dei due fluidi. Richiamando in vigore la distinzione già fatta dal Dufay, designò col nome di fluido *vitreo*, e di *resinoso* la elettricità, che si svolge sul vetro, o sulle resine, strofinati con pannolano: i quali nomi corrispondono a quelli di positivo e negativo di Franklin. — Nello strofinamento di due corpi il fluido neutro si decompone, e uno dei corpi acquista dall'altro una nuova quantità di fluido vitreo, e gli cede una parte del proprio fluido resinoso, o viceversa; onde entrambi si elettrizzano, e di opposta elettricità. In tale stato i corpi si attraggono e si accostano l'uno all'altro, in virtù della forza attrattiva, che esercitano le molecole di un fluido su quelle dell'altro. Che se i corpi contengono entrambi un eccesso di fluido, o vitreo o resinoso, si respingono l'un

l'altro, a cagione della forza ripulsiva, che esercitano le une sovra le altre le molecole dei fluidi della medesima specie.

Trovò la ipotesi dei due fluidi un valoroso seguace nel Coulomb, Egli dimostrò, che potevansi con essa facilmente spiegare i movimenti elettrici, i quali erano un gravissimo scoglio per la ipotesi di un fluido solo. Anzi prendendola per base delle ricerche sperimentali, da lui istituite con quel medesimo istrumento, con che già aveva ritrovato le leggi della disperdizione del fluido elettrico e della distribuzione di esso sulla superficie dei corpi conduttori, determinò le leggi, che governano le attrazioni e le ripulsioni de' corpi, omologamente o contrariamente elettrizzati, e posti, l'un dall'altro, a varie distanze.

La discussione sperimentale di queste leggi forma l'oggetto delle due prime memorie sull'elettricità, presentate all'Accademia delle scienze di Parigi. E qui pure, come negli altri lavori già da noi ricordati, il Coulomb fece prova di tale precisione nel modo di sperimentare, e di tale esattezza matematica nelle deduzioni sperimentali, che ben si meritò di essere paragonato al Franklin.

Ecco in breve il metodo da lui tenuto per dimostrare che le attrazioni e le ripulsioni elettriche seguono la ragione inversa dei quadrati delle distanze. Elettrizzò la testa d'uno spillo, fissato ad un bastoncino di ceralacca, e toccando con essa la sfericciuola fissa della bilancia, vide il globetto, oppure il disco, del bilanciere, che le era in contatto, discostarsi per un angolo di 36° . Torse allora il filo, facendo girare l'indice del micrometro, sino a ricondurre il globetto dell'ago a soli 48° di distanza dalla sfera fissa: e vide che la torsione superiore risultava di 126° , i quali uniti ai 48° di attuale ripulsione rappresentavano l'azione della forza elettrica a quella distanza. Nel primo caso pertanto la ripulsione era rappresentata da un angolo di 36° ; ed esercitavasi pure alla distanza di 36° : nel secondo caso la ripulsione era rappresentata da $126^\circ + 48^\circ = 174^\circ$, e la distanza di sua azione era la metà della prima, ossia 48° . Di qui appariva, che le ripulsioni

elettriche stanno nella inversa dei quadrati delle distanze, che separano i due corpi elettrizzati.

Con analogo procedimento verificava pure questa legge per le attrazioni elettriche: e le confermava poscia col metodo delle oscillazioni, a quel modo cioè, che si determina la forza di gravità dal numero delle oscillazioni di un pendolo, sottoposto all'azione della medesima (1).

Non è pertanto a maravigliare se la ipotesi dei *dualisti*, illustrata da così importanti lavori, ed avvalorata dall'autorità di tanto uomo, ottenne il favore di molti elettricisti, e segnatamente dei francesi e degli inglesi. Parve loro infatti, che l'antagonismo, il quale si appalesa costante nei fenomeni elettrici, non potesse altrimenti spiegarsi, che ammettendo due fluidi distinti, od almeno due modificazioni diverse di un medesimo fluido. Di qui la sostituzione dei nomi di fluido *positivo* e *negativo*, ricavati dall'ipotesi di Franklin, a quelli di *vitreo* e *resinoso* adottati da Symmer; perciocchè questi, secondo l'espressione letterale, avrebbero avuta una significazione contraddetta dai fatti sperimentali.

La ipotesi degli *unitari*, stabilita da Franklin, è tuttavia accettata in molte scuole di Germania, e specialmente d'Italia, perchè più conforme al genio ed alla semplicità della natura nelle sue manifestazioni, perchè meglio dell'altra rispondente ai nuovi fatti dell'elettricità dinamica; ed eziandio perchè, come ben dice il Majocchi, seguita già dai padri della scienza e dai sommi elettricisti italiani.

Ma qual è infine la più accettabile tra le due ipotesi? E più generalmente, qual è la natura della causa dei fenomeni elettrici? Perocchè di qui dipende il definitivo scioglimento della questione. Invero le due ipotesi accennate non decidono della natura della forza elettrica; ma voglionsi solamente considerare come sistemi, a mezzo dei quali si possono più facilmente coordinare i fenomeni tra loro. E cade qui in acconcio lo avvertire, che lo stesso Coulomb non ritenne come

(1) V. *Mémoires de l'Acad. des sciences de Paris*, 1786.

dimostrata la esistenza di un fluido elettrico, e perciò neppure dei due fluidi, de' quali Symmer lo suppose costituito; per ciò che riconosceva che la supposizione di due fluidi, per se sola, fosse poi reale od ipotetica la esistenza dei medesimi, bastava a dar ragione de' fenomeni elettrici.

Il problema della natura della causa, da cui dipendono i fenomeni elettrici, fu posto, nel secolo passato, dall'Accademia delle scienze di Mantova: e un valoroso elettricista, Giuseppe Gardini, uno dei discepoli del Beccaria, ne affrontò la discussione ⁽¹⁾. — Ma troppo ardua si presentava la soluzione di siffatto problema: chè a tanto non bastavano le scientifiche conoscenze di quel tempo. Ma che diciamo: di quel tempo? Se neppur oggi s'accordano i fisici intorno alla maniera di considerare i fenomeni elettrici? Invero: non è punto ammesso da tutti, che lo stato elettrico de' corpi dipenda dallo svolgimento di fluidi particolari e indipendenti dalla materia ponderabile, oppure

(2) La R. Accademia di scienze e lettere di Mantova pose a concorso, nel 1787, la soluzione del seguente quesito:

« Positis his omnibus, quae jam de re electrica innotescunt, quaeritur num et quomodo per experimenta physica et chymica, intima hujus principii natura determinari possit, et a quibus elementis exurgat et componatur, aut saltem, quam in re consistat, et positum maneat ».

Riportò il premio la dissertazione presentata dal Gardini col titolo: *De electrici ignis natura. Dissertatio ab Josepho Gardino philosophiae et medicinae doctore, domo Alba Pompeja, Regiae Scientiarum ac Literarum Academiae Mantuanae exhibita anno 1788, ab eademque probata. Mantuae, 1792.*

Partendo dalle leggi del fuoco elettrico universalmente diffuso, e dai modi finora conosciuti per eccitarlo dai corpi, dedusse il Gardini, che il fluido elettrico si componeva di due principi: cioè del fuoco elementare universale e del flogisto puro. — A dimostrare siffatta natura del fuoco elettrico istituiva molte sperienze fisiche e chimiche, e paragonava le leggi, le affezioni e il modo di operare tra loro dell'elettricità e del fuoco comune ecc.

Il Gardini compose più altre dissertazioni fisiche, tra le quali alcune premiate dalle Accademie di Parigi, di Berlino e di Lione, e pubblicate fra gli atti delle medesime.

Il Gardini nacque in S. Damiano d'Asti verso la metà del secolo passato, e morì nel 1815. Fu medico insigne, e a un tempo dotto propugnatore delle teorie di Franklin e del Beccaria, ch'egli insegnò, per oltre venticinque anni, nel collegio di Alba Pompea.

dall'azione di forze proprie della stessa materia: s'accresce anzi tuttodi il numero di coloro, i quali pensano che gli elettrici fenomeni dipendano da una particolare modificazione della stessa materia ponderabile: la quale modificazione risulterebbe a sua volta dall'azione vicendevole delle particelle materiali, e di quel fluido sottilissimo, dovunque diffuso, che denominasi *etere*, e le cui ondulazioni, per sentenza dei fisici moderni, costituiscono e il calorico e la luce. Certo è per lo meno, che la forza elettrica, qualunque d'altronde ne sia l'origine, essenzialmente dipende dalla materia ponderabile; per ciò che il vacuo assoluto, prodotto con mezzi chimici, è oramai dimostrato essere *isolante* per l'elettrico.

In conclusione: la scienza è ancora ben lontana dall'aver pronunciata l'ultima parola tra coloro, i quali vogliono che la elettricità sia un moto della materia ponderabile, e gli altri che la suppongono costituita da uno o da due fluidi. — Intanto i fatti fondamentali della elettricità statica, dei quali abbiamo finora tenuto discorso, si possono indipendentemente, da qualsivoglia ipotesi, classificare nell'ordine seguente, che noi esporremo con le parole dell'illustre padre Secchi. « La elettricità nei fenomeni di tensione si manifesta sempre con due modalità eguali ed opposte, chiamate perciò *positiva* l'una, e *negativa* l'altra, perchè sempre si destano in pari quantità, e restituiscono lo stato *neutrale* od ordinario de' corpi, qualora vengano riunite in pari quantità. Queste denominazioni non includono nessuna teoria, ma sono il risultato dei fatti. Queste due modalità hanno origine simultaneamente, e l'uno dei due corpi cimentati riesce elettrico in *più*, l'altro in *meno* dall'azione medesima, sia essa di moto meccanico, come frizione, pressione, percussione, o di attività calorifica o chimica. Nella produzione di queste due opposte modalità, nessuna sostanza ha la proprietà esclusiva di divenire invariabilmente positiva, o negativa, ma ciò dipende dalla relazione, che un corpo ha con l'altro, e tale che riesce positivo con uno, riuscirà negativo con un altro: e nei corpi

di sostanza identica la decisione dipende dalla natura meccanica della superficie, se scabra o liscia, se più o meno estesa nei punti d'azione ecc. Dal che si ricava la regola generale, che tale *doppio stato non è punto assoluto, ma semplicemente relativo.*

Il fenomeno più caratteristico di questa forza è quello di produrre un avvicinamento tra i corpi oppostamente elettrizzati, quando siano in convenienti condizioni di mobilità, ed un allontanamento in quelli, che lo sono omologamente: e la legge, che i corpi *omologamente elettrici si respingono, e gli oppostamente elettrici si attraggono*, è pure un modo fondamentale d'azione di questa forza. Si credette in principio, che queste attrazioni e ripulsioni si facessero assolutamente a distanza. Ma le ricerche di Faraday e di Matteucci hanno dimostrato, che nel mezzo frapposto ha luogo una modificazione, detta *induzione*, la quale serve a trasmettere l'azione da un corpo all'altro. Questa induzione si esercita in modo diverso nei varii corpi. Nei coibenti, come aria, vetro ecc. non avviene che una modificazione di forza intermolecolare da strato a strato. — I corpi metallici possono acquistare ancor essi questa forza per attrito, ma per mostrarla debbono essere sostenuti da corpi isolanti; altrimenti la forza si trasmette al suolo e si disperde, e nell'induzione si comportano assai diversamente. Posto un corpo metallico isolato vicino ad uno elettrizzato, il capo vicino diviene elettrico oppostamente, e il più lontano omologamente, sicchè la distribuzione della forza sembra farsi sull'intera superficie, come sovra un tutto unito, e non si avvera in essi la modificazione a strati, che ha luogo nei corpi coibenti.

Sono finalmente proprietà fondamentali della forza elettrica la natura espansiva, la dipendenza dalla materia ponderabile, e la variazione d'intensità secondo la ragione inversa dei quadrati delle distanze » (1).

(1) *L'unità delle forze fisiche, saggio di filosofia naturale del P. Angelo Secchi.* D. C. D. G. Roma, 1864, pag. 227.

Dappoichè l'esame dei fenomeni elettrici ne condusse a far cenno delle teorie immaginate a spiegarli, non torna, a nostro credere, inopportuno, nè fuor di luogo, il ricordare altresì le ipotesi create dai fisici del secolo passato per la spiegazione dei fenomeni del magnetismo. — Non è nostro intendimento il riandare qui, neppur brevissimamente, i progressi di questa parte della fisica: chè nel far ciò oltrepasseremmo i limiti del nostro lavoro. Noi vogliamo solamente accennare di volo alcuni punti di ravvicinamento, che già nel secolo passato si manifestarono tra i fenomeni del magnetismo e quelli dell'elettricità, i quali furono come preludio alle insigni scoperte del secolo nostro intorno alla unità d'origine dei medesimi.

Ebbe pure il magnetismo ne' tempi antichi, e insino a Gilbert, le sue strane ipotesi, come l'elettricità, e forse più ancora, che non ne abbia avuta questa, e qualsivoglia altra parte della fisica. — I fatti sparsi e slegati, che ne costituivano il patrimonio, cominciarono a raccogliersi ed ordinarsi nel secolo passato per opera del Muschembroek, il quale fece rivivere dalla dimenticanza, in cui giacevano, le idee di Gilbert intorno alla virtù del magnetismo terrestre ⁽¹⁾. Furono poi specialmente i lavori di Epino e di Coulomb, che promossero il rapido avanzamento di questa scienza. Essi ne formarono un corpo di dottrina, applicando alla spiegazione dei fenomeni magnetici le medesime ipotesi già adottate per lo studio dei fenomeni elettrici: a ciò condotti da alcune analogie tra i due ordini di fatti sperimentali.

Queste prime analogie erano, nel fatto, più apparenti, che reali. Invero le attrazioni e le ripulsioni dei corpi contrariamente ed ugualmente elettrizzati, parvero una imitazione dei movimenti, che avvengono tra i poli contrari ed omonimi di due corpi calamitati. Ma era altresì evidente la differenza tra la costanza degli effetti magnetici e la

(1) *De magnete* etc. Dissertationes. Lugduni Batavorum, 1729.

temporaneità degli elettrici, ed eziandio fra la continua attrazione della calamita sul ferro, ed il mutarsi dell'attrazione elettrica in ripulsione, dopo il contatto tra un corpo elettrizzato ed un altro allo stato naturale.

I fenomeni della tormalina meglio s'accostavano a quelli della calamita; presentando ancor essa due poli contrari, suddividendosi in parti dotate della medesima virtù ecc. Differivano tuttavia questa e quella per ciò che non potevasi sostituire ad una calamita la tormalina. — Così dicasi di altri fatti.

V'era pertanto alcuna analogia di effetti; dalla quale, al postutto, non potevasi intravedere unità di cagione. Ma nulla ostava che a spiegare gli effetti dell'uno e dell'altro agente, si adoperassero le medesime ipotesi.

Quindi Franklin ed Epino supposero i fenomeni magnetici, generati, al pari degli elettrici, dalla condensazione e dalla rarefazione di un fluido imponderabile, esistente nella calamita e nei corpi magnetici. — In seguito Coulomb con la sua bilancia elettrica, trasformata in magnetica riconobbe le azioni attrattive e repulsive dei corpi calamitati sottoposte alle medesime leggi delle attrazioni e ripulsioni elettriche, e considerò il fluido magnetico siccome composto di due fluidi distinti, e dotati delle stesse proprietà dei due fluidi elettrici.

Gilbert aveva annunziato, che la terra era un grande magnete, e che perciò tutti i corpi, che la compongono, potevano acquistare la polarità magnetica. La grande idea fu rigettata dal più dei fisici: e quando la proprietà magnetica, che al ferro soltanto credevasi convenisse, si ritrovò eziandio nel cobalto, nel nichel, ecc., la si attribuì a particelle di ferro, che supponevasi contenute nella sostanza di quei corpi. Ma Coulomb fece risorgere la idea di Gilbert. Egli pensò, che l'azione della calamita sovra il più dei corpi fosse inavvertita a cagione di sua debolezza; e che perciò a riconoscerne gli effetti convenisse dare la massima leggerezza e mobilità ai corpi, che volevasi

sottoporre all'esperienza. — Ridotti pertanto a forma di cilindretti di esilissime dimensioni diversi corpi, tratti dai tre regni della natura, li sospese per un filo di bozzolo, fra i due poli opposti di due forti calamite, e vide che tutti risentivano, come il ferro, l'azione delle medesime.

Era dunque l'azione del magnetismo non meno universale che quella dell'elettricità. Questo risultato, intieramente dovuto al genio di Coulomb, acquistava maggiore importanza dal suo collegamento coi fatti già prima discoperti intorno all'azione magnetica del fulmine e delle scariche elettriche. Si può dire, che d'allora incominciò un vero e reale avvicinamento tra i due ordini di fenomeni, magnetici ed elettrici, pronosticato da Gilbert, sospettato dal Beccaria e dal Cigna e dal Wan-Swinden ⁽¹⁾, annunziato poscia dalle osservazioni sperimentali del Romagnosi e di Oerstedt, stabilito dal Nobili, e dimostrato dalle luminosissime scoperte di Ampère.

(1) Già fu da noi riferita l'opinione del Beccaria intorno alla relazione dei fenomeni del magnetismo e dell'elettricità. Il Cigna pubblicò nel tomo primo delle *Miscellaneæ Torinesi*, per l'anno 1759, una dissertazione sull'*analogia dell'elettricità e del magnetismo*, nella quale espose la serie dei fenomeni, che accennavano all'analogia ed alla differenza dei due fluidi elettrico e magnetico. Wan-Swinden pubblicò all'Aja, nel 1784, una raccolta di memorie sull'*analogia dell'elettricità e del magnetismo*, ch'egli arricchì di note e di osservazioni proprie.



SEZIONE OTTAVA.

Elettricità atmosferica. Osservazioni di Lemonnier, di Mazeas, di Müsschenbroeck ecc. — Nuove indagini e scoperte del Beccaria intorno allo stato elettrico delle nubi temporalesche, e dell'aria a cielo sereno. — Continuazione di queste ricerche per opera del Saussure e del Volta. — Ipotesi intorno alla formazione della grandine. — Cenno sull'elettro-fisiologia vegetale. — Definitiva applicazione dei parafulmini; cattiva riuscita dei paragrandini. — Riassunto.

I.

Malgrado le conoscenze meteorologiche degli Etruschi e dei Romani, le sole quasi, che possedessero intorno alle fisiche scienze; malgrado l'accuratezza delle loro osservazioni, per tutto ciò che riguardava particolarmente il fulmine, si giunse sino alla metà del secolo XVIII, prima che, per giudizio definitivo dell'esperienza, si dimostrasse che i fenomeni del lampo, del fulmine e del tuono erano dovuti alla elettricità.

Ma col famoso sperimento del 1752 non soltanto discuoprivasi la natura d'un grande fenomeno cosmico: creavasi altresì una scienza nuova, la meteorologia elettrica; della quale ponevasi a fondamento il teorema dell'identità dell'elettricismo artificiale e del naturale.

Alla nuova scienza erano mezzi e strumenti di osservazione le sbarre metalliche isolate, e i cervi volanti: destinati questi e quelle a rapire l'elettricità all'aria, e condurla, per facile via, agli apparati elettroscopici.

Questi mezzi primitivi di osservazione furono quindi modificati, ed anzi surrogati da strumenti portatili e delicatissimi, i quali, collocati a differenti altezze nell'aria, accennavano tosto lo stato elettrico della medesima. — Mercè questi perfezionamenti le osservazioni divennero più facili, e si proseguirono con maggiore regolarità: onde al fatto primo e fondamentale altri nuovi se ne aggiunsero, per opera specialmente del Lemonnier, del Beccaria, del Saussure e del Volta.

Tra le molte sperienze istituite dagli elettricisti, dopo il 10 maggio 1752, vogliansi specialmente ricordare quelle del dottore Lemonnier: perocchè le medesime, oltre al confermare i risultati di Dalibard intorno allo stato elettrico delle nubi temporalesche, rivelarono il fatto impreveduto, ed importantissimo, dello stato elettrico dell'aria eziandio a cielo sereno. — Infatti, in un mattino del luglio 1752, vide egli i fili dell'apparecchio, il quale era identico a quello di Dalibard (1), attirare vivamente la polvere, che loro si accostava, abbenchè sereno fosse il cielo, e spirasse un vento secco di nord-est.

Ricercando la causa di tale fenomeno, gli venne prima in pensiero che dipendesse da elettricità, comunicata all'apparecchio da qualche nuvola, durante la notte, e sovra l'apparecchio medesimo trattenuta dall'aria, la quale è coibente, soprattutto allorchè è secca. Ma essendosi poscia rinnovato quel fenomeno, il giorno 22 del successivo settembre, caddegli in sospetto che ne fosse cagione un naturale stato elettrico dell'aria, anche non essendo turbata da nubi la serenità del cielo; a sì fatta supposizione condotto dal vedere per tutto il giorno, e durando il vento secco, la polvere costantemente attirata dal filo conduttore. Onde da quel giorno insino al chiudersi di ottobre, durante il qual tempo il cielo si serbò sempre sereno, intraprese egli una serie abbastanza regolare di osservazioni. Dalle quali ebbe per

(1) V. Periodo terzo, Sezione prima, pag. 166.

risultato, che lo stato elettrico dell'aria non solo era sensibile in ogni giorno, ma presentava altresì un regolare periodo: manifestandosi cioè verso le dieci del mattino, scemando poscia gradatamente verso sera, spegnendosi affatto nella notte, per causa della rugiada, e ricomparendo nel mattino successivo ⁽¹⁾.

Le sperienze di Lemonnier vennero rinnovate dall'abate Mazeas al castello di Maintenon nei mesi di giugno, luglio, e ottobre 1753. — L'apparecchio da lui adoperato consisteva in una verga di ferro lunga 370 piedi, ed alta 90 piedi sull'orizzonte. La medesima scendeva da una camera assai alta del castello, dove era attaccata ad un nastro di seta, lungo sei piedi; di là era portata al campanile della città, dove attaccavasi parimenti ad un nastro di seta, lungo otto piedi, e riparato dalla pioggia. Una grossa chiave, sospesavi per un filo di ferro, serviva a raccogliere il fluido elettrico.

Dal 17 giugno, nel quale cominciarono le osservazioni, ebbe il Mazeas ogni giorno visibili segni dello stato elettrico dell'aria, dal levar del sole insino a sera, eccettuato il tempo umido, durante il quale non ne ebbe mai indizio. Nel tempo secco il filo di ferro attirava corpicciuoli a distanza di tre a quattro linee. Paragonando i risultati di più giorni gli parve che, a gradi uguali di secchezza, l'elettricità dell'aria fosse pure costantemente uguale. — Gli sembrò pure che i temporali e gli uragani non aumentassero l'elettricità dell'aria, allorchè essi non erano accompagnati da tuoni. — Niun'alterazione del pari fu prodotta dai venti, purchè non fossero umidi. — Nelle notti poi, per quanto secche fossero, mai ebbe segni di elettricità: cominciavano questi a comparire col sorgere del sole, e cessavano mezz'ora circa dopo il tramonto. — All'occasione poi di temporali, o semplicemente nel sollevarsi di nuvoli temporaleschi, la sbarra

(1) Il Lemonnier raccolse le sue osservazioni in una memoria, che fu letta alla Accademia delle scienze il 15 novembre 1752.

V. *Mémoires de l'Acad.*, 1752, pag. 233 e seg.

metallica gli apparve, come già agli altri sperimentatori, gagliardamente elettrizzata ⁽¹⁾.

Ai risultati ottenuti dagli sperimentatori francesi, Muschembroeck aggiunse quest'altro, che la elettricità nell'aria cresce col crescere della elevazione degli strati, ne' quali si esplora. Infatti avendo egli isolato, il 16 settembre 1756, a Warmond, presso Leida, un filo metallico lungo 150 piedi, all'altezza di quattro piedi e mezzo da terra, non ne ebbe segni elettrici. Postolo verticale, cioè lungo una torre, e tuttavia isolato con nastri di seta, neppur ebbe indizi di elettricità. Slanciato poscia un cervo volante a circa 700 piedi d'altezza, ricavò fortissime scintille da una chiave, attaccata all'estremità del filo metallico unito all'aquilone. — I quali fatti dimostravano, che l'elettricità nulla, o debolissima verso la superficie terrestre, manifestavasi copiosa nelle regioni elevate dell'aria.

Le stesse esperienze ripeteva Muschembroeck l'anno appresso, ed il 14 luglio, col barone Van der Docs, presso Noordwick, attaccando il cervo volante ad un sottil filo metallico, avvolto sopra un tamburo di legno, e terminante in un nastro di seta. Niun elettrico indizio si ebbe, fino a che il cervo fu poco alto. Ma sollevatosi a 400 piedi di altezza, cominciò a dare piccole scintille. Onde loro venne in pensiero di trasportarsi sulle vicine montagne, per meglio esplorare queste variazioni elettriche. E là ottennero scintille gagliarde, le quali spandevano intorno un odore di solfo ⁽²⁾.

(1) Il Mazeas comunicò questi suoi risultati, per mezzo d'una lettera al dottor Hales, alla Società Reale di Londra

V. *Trans. phil.*, vol. XLVIII, parte I, pag. 377. — Priestley. *Hist. de l'électr.*, tom. II, pag. 221 e seg.

(2) Muschembroeck, *Cours de physique*, tom. I. pag. 396 e 400.

Più volte ebbimo occasione di ricordare nel corso di questa storia, i servigi resi alla scienza dal fisico Muschembroeck. La sua memoria è giustamente venerata anche oggidì, perchè egli fu uno dei più instancabili propagatori delle dottrine di Galileo e di Newton: a ciò adoperandosi e con l'insegnamento, e con gli scritti onde fu noverato tra i padri della fisica. Oltre a non poche dissertazioni di argomento fisico e chimico egli pubblicò la prima volta, nel 1726, il suo

Seguirono in Olanda l'esempio di Muschembroeck Van-Swinden prof. di fisica in Amsterdam, il principe Gallitzin ed il fisico Dentun. Il primo trasse scintille dal cervo volante eziandio a tempo sereno. — I secondi, in una serie di sperienze istituite dal 1775 al 1778, riconobbero variabilissima la natura dello stato elettrico delle nubi. Parve loro tuttavia generalmente positiva la elettricità delle medesime in tempo calmo, e negativa al cominciare dei temporali ⁽¹⁾.

Dopo ciò è superfluo il riferire i non diversi risultati ottenuti dall'abate Bertholon in Francia ⁽²⁾, e quelli ancor dubbiosi accennati da Collinson in una lettera indirizzata a Franklin il 12 marzo 1764 ⁽³⁾.

II.

Le suaccennate esperienze, non che le altre anteriormente istituite in Inghilterra ed in Francia, e già altrove da noi ricordate ⁽⁴⁾, stanno, anche per giudizio di Priestley, molto al disotto di quelle, che nel 1752, e negli anni susseguenti, imprendeva in Italia il padre G. B. Beccaria. « L'attenzione di questo fisico, egli dice, ai diversi stati dell'atmosfera, la sua assiduità nello sperimentare, gli apparecchi a ciò immaginati, il suo profondo accorgimento nel combinare e condurre le sperienze, l'esattezza scrupolosa nel descriverle, e finalmente la dirittura del giudizio nel subordinare alla teoria generale i risultati *Corso di fisica sperimentale e matematica*, che, ristampato più volte, venne quindi, dopo la sua morte, tradotto dal francese Sigaud de la Fond.

Pietro di Muschembroeck nacque in Leida nel 1692. Insegnò per circa quarant'anni, filosofia, matematiche, astronomia e fisica, da prima in Utrecht, e poscia in Leida, dove morì nel 1761.

(1) Di queste osservazioni il principe Gallitzin rese conto all'Accademia delle scienze di Pietroburgo, in una memoria intitolata: « *Osservazioni sopra l'elettricità naturale per mezzo d'un cervo volante* ».

(2) Delle sperienze fatte, con un cervo volante, insieme a Fontana, Baunsé, ed altri membri dell'Accademia delle scienze di Parigi, il Bertholon presentò memoria all'Accademia medesima nell'anno 1776.

(3) V. *Œuvres de Franklin*, tom. I, pag. 203.

(4) V. Periodo terzo, Sezione prima, pag. 166 e seg.

dello sperimento, hanno superato tutto che i fisici avevano fatto prima di lui, e quello eziandio, che si fece dappoi » (1).

Il Beccaria, nella prima sua opera, gettò le basi della meteorologia elettrica. Ma in quella assai cose aveva tuttavia enunciate solamente a modo di sospetti e di dubbi, i quali abbisognavano della sanzione dell'esperienza. Perciò egli attese a studiare nuovi modi di sperimentare intorno all'elettricità aerea, per dedurne le leggi di sua manifestazione ed attività: e poscia ch'ebbe adunata buona copia di fatti sperimentali, ne scrisse prima, il 24 dicembre 1757, una lettera a Beniamino Franklin, la quale, comunicata alla Società Reale di Londra, ebbe unanimi gli applausi di quella dotta assemblea: e poscia, nel 1757, compose le *lettere sull'elettricismo* indirizzate al Beccari, e pubblicate nel 1758, le quali costituiscono, a più titoli, la migliore forse tra le molte opere da esso pubblicate (2).

La novità e l'importanza delle osservazioni relative all'elettricità terrestre atmosferica, contenute nelle ultime otto lettere, specialmente per tutto che si attiene ai nuvoli temporaleschi, appariranno evidenti da quanto verremo brevemente esponendo.

(1) Priestley. *Hist de l'électr.*, tom. II, pag. 481.

Non diversamente fu giudicata la nuova opera « *Sull'elettricismo* » del Beccaria da B. Franklin, nella lettera scrittagli da Londra il 13 luglio 1762, nella quale gli mandò la descrizione di uno strumento musicale da esso Franklin inventato, e denominato *armonica* ad onore della nostra lingua musicale. — Non è fuor di proposito il riferirne qui almeno una parte:

« Serbai finora la speranza che avrei avuto il piacere di vedervi a Torino: ma come ciò m'è oramai impossibile, essendo sul punto di ritornare in America, mia patria, sono costretto a congedarmi per iscritto da voi, e dagli altri miei amici d'Europa, i quali non ebbi tempo a visitare.

Io vi ringrazio dei termini onorevoli, nei quali avete spesso parlato di me nelle lettere vostre al signor Collinson e ad altri; della difesa delle mie opinioni elettriche, di cui con tanta bontà v'incaricaste, e con tanto successo compiste; e del bel regalo che mi faceste della nuova opera vostra, che m'ha procacciata altrettanta istruzione, quanto piacere. Desidererei di potervi in ricambio comunicare qualche nuovo mio lavoro su questa materia; ma io non la ho più seguita da tempo; e non conosco qui persona, che attualmente molto se ne occupi, ecc. ». V. *Oeuvres de Franklin*. tom. II, pag. 209.

(2) Eandi. *Memorie istoriche ecc.*, pag. 33 e seg.

Istitul il Beccaria le maggiori esperienze ad una sua casa di campagna, posta sulla vetta dell'amenissima collina di Garzegna presso Mondovì, e le continuò poscia al R. castello del Valentino presso Torino. — Adoperò sbarro acuminato e cervi volanti a funicella talvolta semplice, e talvolta unita ad un filo di rame, ed avvolta sopra un arcolaio, sorretto da colonne di vetro: ed eziandio ricorse (come pur fece, e quasi a un tempo, Muschembroeck) a fili metallici, che ei distendeva in luoghi elevati, e fino a distanza di 1500 piedi. — A verificare poi il sospetto, che l'elettricità dell'atmosfera tranquilla fosse diversa da quella dell'atmosfera agitata e commossa, pensò egli, che avrebbe acconciamente potuto coi razzi surrogare i cervi volanti, che solo s'innalzano per via del vento. E quelli sperimentò dapprima sulla torre di Mondovì, e poscia sul colle di Garzegna, uniti ad un filo di lino umido, oppure asciutto, ma congiunto ad un filo di rame (1).

A riconoscere lo stato elettrico delle nubi, meglio d'un bastone di vetro o di ceralacca, gli giovò un doppio filo di lino, applicato alla

(1) « I razzi, dice il Beccaria, i quali si sogliono sparare ne' giorni di feste, mi parvero accomodatissimi a conseguire il mio fine di sperimentare indipendentemente dal vento. Pensai di infiggere sul capo di essi un filo di ferro acuto, che potesse trarre, o spandere il fuoco elettrico anche da lontano; di annettere a tale filo di ferro una cordicella da cembalo, che potesse reggere alla fiamma del razzo; di annodare all'estremità della cannuccia e della cordicella da cembalo un filo di lino assai forte, che, e fosse umido, per condurre più prontamente il fuoco elettrico, e fosse lungo quanto richiedeva il volo del razzo, e fosse tutto ordinatamente disposto entro ad un vaso di vetro, sicchè, e in esso restasse costantemente isolato, e il razzo potesse ordinatamente spiegarlo e trarlo dietro a sé. Immaginai di fare che la estremità di questo filo restasse unita all'orlo del vaso e terminasse in un sottilissimo pelo di lino, il quale, col suo movimento, mi mostrasse, se il razzo, salendo in alto, si elettrizzava ».

« Formatami tale idea dello sperimento mi recai in città per eseguirla. Il sig. dottor Cigna, cui la comunicai, ne fu fortemente invaguito; e fece tosto allestire i razzi, le punte, i fili. Il sig. dottor Bona, prof. di filosofia, ne provvide di un alto recipiente di cristallo, che terminava in un bottone di cristallo, sufficientemente grosso per poterlo impugnare; a questi si unì il sig. dottor Rovere, e tutti e quattro salimmo sulla torre della città, che appunto è l'eminenza del colle, su che essa è fondata, e la propria sua altezza, ne parvero acconcie per tentare lo sperimento, ecc. »

V. Beccaria. *Dell'elettricismo*, lettera VIII.

estremità della funicella regolatrice dell'aquilone e del razzo. Anche più sicuri indizi ricavò dalle varie apparenze luminose del fiocco e della stelletta. Perciò ad esplorare con tale mezzo, e di pieno giorno, ugualmente che di notte, la specie di elettricità, onde son cariche le nubi, e quindi la direzione, secondo la quale compiesi la circolazione dell'elettrico vapore, egli immaginò un apparecchio, cui diede il nome di *lucerna elettrica*. È questa un vaso cilindrico di vetro, chiuso inferiormente da un fondo metallico, e superiormente da un tappo traversato da un filo di ferro, che scende presso al fondo del vaso. La parte laterale di questo è fasciata di cartone, e scoperta in un solo punto, posto in faccia all'estremità del filo metallico. Un lungo cilindro di cartone, a forma di un tubo di canocchiale, è adattato alle parti scoperte della parete; e ad esso applicando l'occhio, facile riesce lo scorgere, dentro al vaso scuro, la forma della luce, che apparisce sulla punta metallica, allorchè questa comunica con la funicella del razzo, o del cervo volante ⁽¹⁾.

III.

Con sì fatti mezzi sperimentando, il Beccaria si fece a studiare i cambiamenti, che avvengono nell'elettricità dell'aria agitata e tranquilla, a cielo nuvoloso e sereno.

Sin dai primi esperimenti fatti col cervo volante, innalzato a differenti altezze nell'aria, gli nacque il sospetto, che il fuoco elettrico, diffuso nell'alto dell'atmosfera, fosse sempre più copioso di quello, che è sparso nelle regioni meno alte dalla superficie terrestre. Il quale sospetto tradusse poi in certezza (come cziandio conobbe il Muschenbroeck) osservando quasi costantemente una proporzionalità fra i segni elettrici e l'altezza del cervo volante ⁽²⁾. — Riconobbe altresì che

(1) *Dell'elettricismo*. Lettera VIII, pag. 107.

(2) Id. id. pag. 113 e 114.

non è il vento la cagione, per cui sia eccitato l'elettricismo dell'aria, dappoichè ripetutamente gli accadde di ottenere segni di elettricità contraria con lo stesso vento, e di elettricità identica con vento contrario (1). — Confermò inoltre il fatto, già da lui osservato nel 1752, che le nuvole temporalesche sono talora elettrizzate per eccesso e talaltra per difetto; ed osservò che lo stato elettrico delle medesime si muta, anche a brevissimi intervalli di tempo (2).

Nel riconoscere queste vicende notò la correlazione loro coi cambiamenti, che avvengono nella forma, nella disposizione e nei movimenti delle nubi, e primo riuscì a dare un'esatta e compiuta teoria dei temporali. — Eccone un fedele riassunto.

Quando in tempo calmo veggonsi abbastanza rapidamente elevarsi da qualche punto dell'orizzonte delle nuvole densissime, quasi fossero masse di cotone ammucciate, terminate cioè da molti contorni curvilinei, bruscamente tagliate, dice Arago, come i picchi domici coperti di neve; quando queste nuvole paiono gonfiarsi, e scemando di numero crescono di grandezza; quando, malgrado questi cangiamenti di forma, rimangono invariabilmente attaccate alla prima loro base; quando i contorni di esse, dapprima sì numerosi e distinti, si fondono a poco a poco gli uni negli altri, in modo da non più lasciare all'insieme che l'aspetto d'una sola nube; si può, secondo il Beccaria, annunziare con certezza, che un temporale è imminente (3).

A questi primi fenomeni succede sempre l'apparizione all'orizzonte d'una grossa nube, assai scura, per l'intermezzo della quale le prime sembrano toccare la terra. La tinta scura di essa si comunica, di strato in strato, alle nuvole alte; e frattanto la superficie generale di quest'ammasso di nuvole, quella almeno, che vedesi dalla pianura,

(1) *Dell'elettricismo*. Lettera VIII, pag. 403 e seg. — 109 e 110. — Lettera XII, pag. 197.

(2) *Id.* Lett. IX, pag. 138. — Lettera X, pag. 172.

(3) Il Beccaria chiama temporale « un corpo di nuvoli in alcuna loro parte tonanti ».

si fa sempre più unita. — Dalle parti più alte di questa massa compatta si dipartono, sotto forma di lunghi rami, delle nubi, che, senza staccarsene, cuoprono gradatamente l'intera volta del cielo. — Al momento in cui i rami cominciano a formarsi, l'atmosfera è ordinariamente seminata di piccole nuvole bianche, ben distinte e circoscritte, che il Beccaria chiamò *ascitizi*, ossia nuvole subordinate, o addizionali: osservazione questa già fatta da Virgilio, il quale paragonò queste nuvolette a bioccoli di lana. I movimenti degli ascitizi sono incerti, bruschi, irregolari. Essi paiono veramente dominati dalla forza attrattiva della grande massa; poichè, l'uno dopo l'altro, vi si vanno a riunire. Essi infatti in principio appaiono laceri e biancastri, ma ben presto divengono cenericci e scuri; svaniscono i loro frastagli, e in brev'ora si perdono nel corpo della nube procellosa. — Ascitizi erano pure in origine le macchie bianche, le quali interrompono quà e là la tinta uniformemente scura dei nemi. Quando poi, col progressivo distendersi, la grossa e scura nube ha oltrepassato il zenith, e cuopre la maggior parte del cielo, l'osservatore vede al disotto del nembo molti piccoli ascitizi, senza sapere decidere, donde vengano, nè come siansi formati. Così paiono essi cenciosi e addentati, che si direbbero squarci di nuvole. Spingono lunghe braccia in ogni senso, ed hanno un movimento vivo, irregolare, incerto, ma tuttavia sempre orizzontale. Quando, nei loro movimenti opposti, due di essi s'accostano, sembra veramente che stendano, l'un verso l'altro, le loro braccia irregolari: e dopo d'essersi quasi toccati, evidentemente si respingono, e le loro braccia si ripiegano per un movimento contrario a quello, per cui si sono vicendevolmente accostati. Poco dopo cadono rovesci di pioggia, e molte volte, massime quando questi nuvoli sono più violentemente agitati, suole pure cadere la grandine. Allora tutto il cielo ampiamente si oscura, l'osservatore immerso nel nembo, altro più non discerne che pioggia, grandine, lampi, saette e tuoni ⁽¹⁾.

(1) *Dell'elettricismo*. Lettera X, pag. 145. — Arago. *Tonnerre*, pag. 7 e seg.

Queste osservazioni del Beccaria concordano con quelle di Franklin, già da noi ricordate, secondo le quali si richieggono due condizioni, perchè una nuvola sia temporalesca; debbe cioè essere molto estesa; e vuolsi eziandio che piccole nubi s'interpongano tra la sua superficie inferiore e la terra.

IV.

Cagione unica delle molteplici apparenze descritte, il Beccaria crede essere il fuoco elettrico. Nel quale egli ravvisa i tre immediati e certissimi fenomeni dei lampi, delle saette e dei tuoni (1). Vede egli dapprima, che i lampi più vivi appaiono tra la terra ed il nembo; che le saette più folgoreggianti trascorrono per il corpo più denso del nembo; che i tuoni più orrendi procedono corrispondentemente dal luogo del nembo; che il moto de' lampi, de' tuoni, delle saette si fa tra due distanti parti della terra, siccome tra suoi limiti, e che il nembo ed i rami sono siccome i mezzi per i quali, movendosi il fuoco elettrico, lampeggia, saetta e tuona.

Di questa verità facilmente si persuade chiunque si faccia ad osservare frequentemente, da luogo sublime ed aperto, i temporali e i singoli fenomeni, che li accompagnano. Infatti quando in cielo sorgono nuvoloni arcuati, apportatori de' temporali, veggonsi moltissimi lampi, tacitamente spandersi per tutta l'ampiezza del corpo de' nuvoli;

(1) Il Beccaria chiama saette le luoghe e lucentissime liste di fuoco, che improvvisamente si veggono traversare il corpo de' nuvoli, e talora mutano bruscamente direzione, e spesso si suddividono in più rami, e sempre abbagliano fortemente la vista, e sono sempre seguiti da luoghi rumoreggiamenti o tuoni, proporzionati nella durata alla lunghezza del loro cammino, o del fracasso alla vivezza e vicinanza della luce loro. — I lampi consistono in una luce quanto più ampia, tanto meno viva e meno fragorosa, la quale in silenzio si espande uniformemente ed ampiamente o tra un nuvolo e la terra, o tra un ovolo ed un altro, e illumina tutto il confine di essi, e talora assai addentro al loro corpo si vede a rilucere.

Dell'elettricismo. Lett. X. pag. 157.

e tutto internamente rischiararlo. Proporzionatamente alla maggior vivezza e frequenza di tali lampi veggonsi più veloci sollevarsi quei nuvoloni, e crescere di volume, quasi gonfiassero, ed espandere i loro rami, mentre si abbuiano alla base e si convertono in nemi, da cui rapidissimi poscia, e quasi al medesimo istante, veggonsi talora vivissime saette ed amplissimi lampi folgoreggiare pel corpo del nembo, e tra la base di esso e la sottoposta superficie della terra.

In quel frattempo, dal luogo del nembo, ove appaiono vivissime le saette, si ode un tuono continuo, il nembo folgoreggia incessantemente ecc. — In fine, dopo che il nembo si diffuse per tutto l'orizzonte, mancando l'accorrimiento di nuovo fuoco elettrico, che ne è come l'anima, comincia a trasparire l'orizzonte sereno in vari luoghi, mentre il resto del cielo è tuttora coperto d'un nuvolone alto, uniforme, unitissimo e sfumato, sotto il quale stanno altri nuvoli più bassi e più neri, i quali poscia, non meno che la nube principale, sfilacciandosi nei contorni, si vanno successivamente diradando e sciogliendo ⁽¹⁾.

Questi fatti ampiamente rivelano, che nei temporali s'agita e muove una grandissima copia di fluido elettrico, perocchè nonostante la dispersione, che di esso avviene per le parti acuminate, che dovunque presenta la terrestre superficie, tuttavia continuamente ed in grandi masse si scarica sulla terra e dalla terra. Egli è quindi impossibile che il corpo d'un temporale segua a spandere tanta copia di fuoco, se a proporzione che ne spande per alcuna sua parte, non ne riceva d'altronde, e per un'altra parte, una corrispondente quantità: il che viene confermato dalla osservazione dei cangiamenti, che avvengono nei segni elettrici dati e dal nembo, e dai nuvoli ascitizi.

Considerando poi che dei tre corpi, coi quali possono comunicare i nuvoli temporaleschi, — l'aria, i nuvoli ascitizi e la terra, — il primo non può somministrare che una minima quantità di fluido a cagione della sua resistenza a riceverne, del pari che a spogliarsene,

(1) *Dell'elettricismo*. Lett. X, pag. 456 e seg.

e che i secondi, anzichè accrescere la massa del fluido, nel congiungersi al nembro bene spesso la scemano, il Beccaria conchiude che « certe parti di un corpo di nuvoli temporaleschi non seguono a spandere nella parte sottoposta della terra una costante copia di fuoco elettrico, se non in quanto una simile copia si diffonde da un'altra distinta parte della terra in alcun'altra parte del medesimo corpo dei nuvoli temporaleschi: e che la circolazione del fluido elettrico nei temporali consiste nel discorrere esso da una parte della terra, che rispettivamente ne sovrabbonda, per mezzo dei nuvoli, che ne sono i conduttori, in un'altra parte della terra, che ne è rispettivamente mancante ». In fatti la osservazione costantemente ne chiarisce che il fuoco elettrico, o sale da terra ai nuvoli, o da questi discende alla terra, o discorre fra i nuvoli stessi. Lo si vede spesso discendere, e per molto tempo, ed in grande copia; il che non può avvenire se i nuvoli, che per una parte lo danno alla terra, costantemente non ne ricevano da un'altra parte di essa. Spesso ascende e parimenti in gran copia: dunque i nuvoli, mentre alla terra, per una parte ne danno, per un'altra eziandio ne ricevono. Laonde in generale « ogni movimento del fuoco elettrico procelloso si riduce ad una circolazione da una parte della terra, per i nuvoli, ad un'altra parte della terra ». (1).

Quest'è, per giudizio del Beccaria, l'unico e semplicissimo principio, secondo il quale, e si producono i vari nuvoli temporaleschi, e

(1) Per accertarsi immediatamente di questa verità, il Beccaria propone lo stabilimento di due osservatorii, in due distinti luoghi, l'uno sublime, e l'altro basso, distanti alcun miglio, e posti nella direzione, che per solito è tenuta dai temporali in un dato paese, e secondo la quale i nembi spandono più frequentemente i loro rami. Notando esattamente nei due osservatorii, con orologi esatti ed uniformi, i tempi corrispondenti all'elettricità positiva e negativa, non che l'istante e il modo di loro alterazione, si potrebbero vedere talvolta nell'istesso tempo e nei due osservatorii non dubbj segni di elettricità contrarie, o di alterazioni contrarie: il che mostrerebbe la verità della esposta teoria. Meglio poi gioverebbe un maggior numero di osservatorii elettrici.

Dell'elettricismo. Lettera XI, pag. 194 e 195.

tutte accadono le infinite loro funzioni: a quel modo che lo squilibrio del fuoco elettrico artificiale è la sola cagione dei movimenti, che avvengono tra corpi inegualmente elettrizzati. Infatti come il poco fluido sbilanciato, nel traversare alcuna porzione di mezzo resistente, seco trascina i corpi deferenti, e così li move, li agita, li unisce, li ordina, li dispone, che per essi facilmente e celeremente si spanda ad egualità, così pure il copiosissimo fuoco sbilanciato dalla natura, obbligato a compiere alcuna parte della sua vasta circolazione attraverso a grandi spazi della resistente atmosfera, solleva e spinge seco, e aduna, e dirige i deferenti terrestri vapori, e in tal modo attraverso all'aria li move, li ordina, li addensa, li modifica, che per essi con la maggiore facilità e prestezza possibile si espande ad egualità. — La verità del quale principio apparisce a chiunque esamini la successione dei fenomeni, che s'accompagnano alla formazione dei nuvoli procellosi. In fatti, l'insorgere dei nubi, l'espandersi dei loro rami, l'abbujarsi, e l'addensarsi gradatamente e corrispondentemente ai lampi, alle saette ed ai tuoni sono i soliti accidenti, con che nascono e s'ingagliardiscono i temporali. E la corrispondenza di tali accidenti coi lampi, con le saette, co'tuoni basta da sola a chiarire che non il vento, non la varia specifica gravità dei vapori, non il caldo, sibbene il fuoco elettrico è la primaria cagione eccitante i nuvoli procellosi, e produttore i vari loro fenomeni (1).

V.

Al tutto consentanei agli esposti principi il Beccaria ravvisa i molteplici e singolari accidenti del fulmine. Il quale non è altrimenti, per suo giudizio, che fuoco elettrico sprigionato da un punto della terra, dove sovrabbonda, e per l'intermezzo dei nuvoli, scaricato in altro punto, che ne difetta. Di ciò lo persuadono le sensibili alterazioni, che

(1) *Dell'elettricismo*. Lettere XI, XII, XIII, pag. 178 a 217.

si manifestano nei fili esploratori dello stato elettrico dell'atmosfera, quando cade il fulmine a più o men grande distanza dal luogo d'osservazione. Infatti l'elettricità notata da fili deferenti cambia talvolta in contrario: e ciò dipende da che o il fulmine induce tanto fuoco nei nuvoli, se essi erano elettrici per difetto, che li elettrizza in più: ovvero ne toglie ai medesimi, se elettrizzati in eccesso, e li lascia in uno stato di elettricità negativa. — Se nei fili deferenti i segni vengono meno, ciò avviene da che, pel fulmine, o tanto fuoco entra nei nuvoli, se elettrici per difetto, che esattamente lo agguagli, o tanto ne esce dai nuvoli verso terra, se elettrici per eccesso, quanto appunto adegui l'eccesso medesimo tanto che, e in un modo e nell'altro, i nuvoli riduconsi allo stato naturale. — Se la elettricità scema, è segno che il fulmine è costituito dal solo eccesso di fluido esistente o nella terra, o nei nuvoli, secondo che quella o questi erano elettrizzati per eccesso. — Se la elettricità finalmente cresce, è segno che il fulmine o induce da terra nuovo fuoco nei nuvoli, che ne avevano la sola naturale quantità; o porta via dai nuvoli nella terra alcuna parte di questa loro naturale quantità ⁽¹⁾.

Di questo continuo squilibrarsi del fluido elettrico e della conseguente sua circolazione, egli facilmente si persuade, riguardando la universale diffusione del medesimo nei corpi terrestri, e la diversa maniera con che trovasi in essi diffuso: come è reso manifesto dalla diversa elettrizzabilità dei corpi vitrei, resinosi, metallici, ecc.: e nella varia natura e conduttricità dei corpi, che attraversa, riconosce la causa del suo particolare modo di circolazione. — Il fulmine infatti sempre si apre la via per una serie di corpi, la somma de'quali costituisce il sentiero di massima conduttricità, ossia di minima resistenza. Perciò scorre di preferenza pei metalli e pei corpi umidi, scompartendosi proporzionalmente e alla quantità del proprio fuoco, e al numero dei conduttori, e al vario grado di

(1) *Dell'elettricismo*. Lettera XIII, pag. 221.

loro conduttricità: ed incontrandosi in corpi resistenti ne scioglie, come il fluido artificiale, e disgrega le parti, e via le respinge con impeto. — Spinge parimenti le parti dei corpi conduttori ne quali s'incontra, distribuendole, quasi dissi, lungo la via del mezzo resistente, nel quale è obbligato a trascorrere. — E così pare al Beccaria si formino gli ampi baleni nell'atmosfera. — Il grande ed esteso scuotimento dell'aria cagionato dal trascorrere della materia elettrica per essa è cagione del tuono: il quale s'ode, per alquanta successione di tempo, rumoreggiare dopo il lampo, per la varia distanza tra chi l'ode, e le varie parti dei lunghi tratti d'aria, eccitata e spinta dal fuoco, che l'attraversa ⁽¹⁾.

Oltre a questo effetto puramente meccanico mostra il Beccaria, che il fulmine, similmente che il fuoco comune, evapora, infiamma, abbrucia, vetrifica, calcina, calamita, e probabilmente metallizza i corpi, che di tali modificazioni sono rispettivamente capaci: ravvisando questa differenza tra il fuoco comune e l'elettrico, che questo compie in un istante le suddette alterazioni, che quello fa successivamente.

L'esame di questi effetti, similmente prodotti dal fluido artificiale, mentre lo convincono vieppiù della identità dei due fluidi eccitati dalla natura e dall'arte, gli aprono la via alla spiegazione di altri fenomeni, tra i quali accenniamo la formazione della pietra del fulmine, o folgorite, che vuolsi ritenere come un esempio di vetrificazione prodotta dalla scarica dell'elettricità naturale. — La osservazione poi degli effetti magnetici prodotti dal fulmine, dei quali già fu altrove discorso, gli suggerì un modo di scioglimento della questione proposta da Franklin, cioè della ricerca di un mezzo per riconoscere la direzione del fulmine. Infatti partendo il Beccaria dall'osservazione, fatta da Dalibard, che la estremità d'un ago d'acciaio, per cui entra la scintilla, acquista la polarità magnetica e si volge costantemente al nord, se liberamente sospeso e mobile in un piano orizzontale, e

(1) *Dell'elettricismo*. Lettera XIV, pag. 238 e seg.

riconoscendo che un'uguale polarità viene pure acquistata da tutti i corpi capaci di virtù magnetica, siccome il ferro, i mattoni, le pietre ferrigne, allorchè sono attraversate dal fulmine, propone, che a voler investigare la direzione di questa meteora, si cerchi se nel sentiero da essa percorso vi siano di tali sostanze, e queste si esplorino con un ago magnetico: se risulterà che le medesime abbiano ricevuto la polarità settentrionale per la parte, che è più addentro nella terra, si conchiuderà che il fulmine è sorto da terra. E si conchiuderà essere disceso dalle nubi, se la polarità settentrionale si manifesta nella parte superiore delle sostanze magnetiche (1).

A questa maniera di determinazione della via percorsa dal fulmine altra più tardi ne sostituì meno imperfetta, immaginando un ordigno disegnatore dei fulmini, da lui per ciò detto *Ceraunografo*, il quale collocato in un osservatorio, rappresentasse, dopo un temporale, segnate e descritte le porzioni dei fulmini ad esso osservatorio scompartite, e tenesse conto del loro numero, segnasse il tempo di ciascuno, lasciasse improntata la misura della forza loro, e in fine mostrasse anche di ciascuno la direzione (2). — Consisteva questo strumento in un disco circolare di carta ben distesa entro una circonferenza, sulla quale erano segnate le dodici ore del giorno. Questo disco orizzontale era posto in rotazione, per mezzo d'un orologio, e passava framezzo a due punte metalliche, tra loro poco distanti e disposte nello stesso piano verticale condotto pel raggio, che corrisponde all'ora del mezzogiorno. Uno di questi stili comunicava col filo teso e raccoglitore dell'elettricità atmosferica, l'altra punta era l'estremità del filo di salute, comunicante per ciò con la terra. Con si fatta costruzione del *ceraunografo* le scintille tragittanti dall'uno all'altro dei due stili traforavano il cartoncino moventesi di mezzo a quelli: epperò

(1) Di un *ceraunografo* ecc. 1780. Giambattista Beccaria congratulandosi col signor conte Prospero Balbo della sua laurea in giurisprudenza, gli apresenta la descrizione di un suo nuovo ordigno disegnatore de' fulmini.

(2) Dell'elettricismo. Lettera XIV, pag. 234 e seg.

il numero dei fori avrebbe segnato il numero delle scintille; la grandezza dei fori e il risalto delle filaccie ne avrebbero chiarita l'intensità; il cartoncino sarebbe sempre traforato nella direzione della scarica; e riconducendo il disco alla posizione iniziale si avrebbe in un'occhiata il tempo dell'esplosione di ciascuna scintilla.

Scorgendo poscia alcune difficoltà ed imperfezioni nell'uso di quest'apparecchio ⁽¹⁾, egli ne semplificò la costruzione, disponendo la *carta dei segnali*, mobile fra quattro cilindri orizzontali, così che svolgendosi dal cilindro inferiore andasse ad avvolgersi al superiore, passando sovra due cilindri intermedi alquanto rialzati, perchè tenessero ben distesa la carta. Il cilindro inferiore era mosso dal peso dell'orologio; la carta aveva in margine segnate le ore del giorno, e sui margini estremi i giorni del mese; cosicchè dopo un temporale smuovendo, un po' di fianco ed ugualmente, i due stili, sulla medesima assai ampia lista di carta si potevano vedere, e rapportare gli uni agli altri, gli indizi di tutti i temporali di una stagione.

Questo ceraunografo venne lungamente adoperato dal valente elettricista, e già discepolo del Beccaria, Giuseppe Gardini, il quale ebbe a riconoscerlo atto all'ufficio, cui destinavalo il suo maestro ⁽²⁾.

Ai tempi nostri per ricercare la direzione seguita dal fulmine si fa uso del *re-elettrometro* del Marianini, istrumento fondato sull'azione magnetica della elettricità ordinaria di tensione. Esso consiste

(1) Le imperfezioni riconosciute nel primo *ceraunografo* si riducono alle seguenti: una medesima scintilla talvolta, scompartendosi, apre due fori, specialmente se la carta è troppo sottile, e non omogenea, e lo stilo non bene acuminato; — l'umidità della carta, d'altronde assai igroscopica, nell'essere disperso dalla scintilla, può essere cagione d'allargamento dei fori da questa scavati. — Finalmente, a parte anche la esattezza dell'orologio motore, perchè sul disco possa realmente improntarsi il rumore e la direzione delle singole scintille, bisognerebbe che queste si succedessero sempre ad intervallo piuttosto sensibile, e che il disco dei fori si mantenesse ben orizzontale ed equidistante dalle punte. Queste osservazioni consigliarono al Beccaria la modificazione del suo primo apparecchio. V. *Del Ceraunografo*.

(2) V. Eandi. *Memorie istoriche intorno gli studi del P. G. B. Beccaria*, pag. 102.

in un cilindretto di ferro dolce avvolto da spirale metallica rivestita di seta, e fisso al coperchio di una bussola normalmente alla direzione dell'ago calamitato. — La scarica di una boccia di Leida condotta nella spirale di rame magnetizza il cilindretto di ferro, e questo fa deviare l'ago sottoposto. — Se i due capi della spirale si congiungono colla spranga del parafulmine, o di altro apparato raccoglitore dell'elettricità atmosferica, questo apparato accenna la direzione della scarica, secondo la disposizione dei poli del cilindretto da essa magnetizzato (1).

VI.

Siccome ai temporali, così ancora a tutte le altre meteore acquose assegna il Beccaria la stessa cagione motrice del fuoco elettrico: il quale nel produrre ciascuna di esse opererebbe con differenti gradi d'intensità.

Dall'osservazione dell'apparente identità nel modo di formazione dei nuvoli piovosi e dei temporaleschi, non che negli svariati accidenti, che ne accompagnano la formazione e lo scioglimento, arguisce che i primi sono pure eccitati dal fluido elettrico, animato da una circolazione meno abbondante, e quindi meno impetuosa, ma più ampia e durevole, che non sia quella, onde nascono i nuvoli temporaleschi. Di qui la ragione della lentezza nel sollevarsi dei vapori da

(1) Marianini. *Memorie di fisica sperimentale*. Modena, 1838, fasc. I, pag. 21.

Innanzi al Marianini, il fisico ginevrino Colladon costruì un galvanometro, per misurare l'elettricità ordinaria, cnoprendone il filo a più doppi di seta, e separandone i diversi ordini di giro con taffetà gommato, per meglio isolarli tra loro. Ponendo un capo del filo galvanometrico in comunicazione coi cuscinetti isolati della macchina elettrica, e l'altro capo col conduttore di essa, il fluido elettrico condotto nel filo, a modo di corrente, devia l'ago calamitato. — Person modificò l'apparecchio di Colladon, sospendendo un ago d'acciaio, poco temprato e coperto di seta, entro il telaio del galvanometro, perpendicolarmente ai giri del filo. Passando la scarica elettrica nel filo moltiplicatore, l'ago si magnetizza e muta posizione: dal che si deduce la misura della scarica.

V. *Annales de chimie et de physique*, 2.^a serie, tom. XXXIII, pag. 62. — Nobili. *Osservazioni ed esperienze*, tom. II, pag. 38.

terra, nell'espandersi dei medesimi per l'atmosfera, nel congiungersi ad altri già in essa natanti e diffusi, e nel disciogliersi in pioggia quietà: a proporzione della quale, per solito, risponde la intensità dei segni elettrici negli apparati esploratori.

Per ciò suppone il Beccaria, che innanzi alla caduta della pioggia sfugga una quantità di materia elettrica, da un qualche punto della terra, che ne sovrabbondi, e salendo nelle alte regioni dell'aria, raccolga e trascini per la sua via grande copia di vapori. E questa medesima causa che li aduna, li condensa poscia vieppiù sino a che, venendo i vapori quasi a mafuo contatto, si sciolgono in gocciollette acquee: le quali, unendosi ad altre nel loro primo cadere, si ingrossano e scendono in forma di pioggia. Questa pertanto sarà più o men forte, a proporzione che l'elettricità sarà più o meno intensa, e a misura che la nuvola, da cui proviene, sarà più o meno temporalesca. Cercò il Beccaria di imitare in qualche modo la formazione delle nubi discioglientisi in pioggia, isolandosi fra il conduttore e lo strofinatore della macchina elettrica, e lasciando con una mano cadere della polvere di colofonia entro un cucchiaino, unito al conduttore, e dentro il quale erano carboni accesi; mentre con l'altra mano toccava lo strofinatore. Vedeva egli il fumo della colofonia diffondersi lungo il braccio, e a poco a poco attorno a tutto il suo corpo, sino a raggiungere l'altro braccio e la mano comunicante con lo strofinatore. La superficie più bassa della nuvoletta artificiale era in ogni punto parallela alla superficie del corpo; laddove la superiore era arcata e rigonfia, a modo di volta, siccome appunto avviene nelle nubi temporalesche, o piovose, dalle quali analogie egli conchiuse, che per queste l'elettrico fuoco si spande dalle parti terrestri, che ne abbondano verso le parti, che ne difettano, come per mezzo del fumo il fluido della macchina si diffonde successivamente alle parti del corpo, che ne mancano (1).

(1) *Dell'elettricismo*, lettera XV, pag. 283 e seg.

Suppone altresì che la grandine si formi pel concorso dell'elettricità nelle alte regioni dell'aria, dove intenso è il freddo, e dove copiosa eziandio è la elettrica materia. In tali condizioni termo-elettriche molte particelle acquose sono tra loro accostate, e s'agghiacciano; e nel discendere in più basse regioni, raccolgono e si addossano altre particelle acquose, le quali tuttavia si addensano sopra il ghiacciuolo meno che le prime particelle, onde si constitui il nocciuolo della grandine in più alte e più fredde regioni. — A confermare questa opinione il Beccaria adduce il fatto della minor grossezza dei ghiacciuoli, ed eziandio delle stille di pioggia, che cadono sopra i monti; minore grossezza dovuta al minor spazio d'aria traversato per discendere al suolo. La grossezza pertanto e la struttura della grandine debbono procedere dalla veemenza dell'elettricità dominante nei nuvoli grandinosi, per cui copiosissimi vapori si adunano intorno ad un medesimo centro, e dalla ineguaglianza di elettricità negli strati successivamente più bassi dei nuvoli medesimi: per i quali cadendo il primo nocciuolo trae intorno a sè altri vapori, che, agghiacciandosi a loro volta, sempre più lo ingrossano. In fatti generalmente l'osservazione dimostra che la grossezza dei nocciuoli varia corrispondentemente all'intensità del fluido elettrico, onde nascono; e che la congelazione dei vapori atmosferici è favorita dal rapido movimento delle nubi elettrizzate (1).

Infine considera eziandio come un fenomeno elettrico la formazione della neve. Le nuvole, che si sciolgono in neve, non diversificano dalle piovose, se non per la bassa temperatura, onde i vapori, dello prime si congelano. La dispersione regolare della neve e la geometrica struttura delle parti componenti le *rosette* della medesima, provano che le nubi nevose sono eccitate da una qualche causa uniforme e non diversa dall'elettricità. Nel quale sospetto lo conferma l'osservazione della costante manifestazione dei segni elettrici durante la caduta della neve. — Ma stabilisce a un tempo che tranquilla ed

(1) *Dell'elettricismo*. Lettera XV, pag. 314 e seg.

ordinatissima debb'essere la circolazione del fluido elettrico nella formazione dei nuvoli nevosi, e nell'aggruppamento geometrico delle particelle acquee congelate (1).

Che se il fuoco elettrico eccita in alcun luogo, o produce e muove rapidamente alcun nuvolo, siccome avviene nei temporali, deve pure eccitare un vento proporzionatamente gagliardo: il che appunto si manifesta specialmente quando in breve tempo si formano i nuvoli temporaleschi (2).

Da ultimo a confermare la unità della teoria stabilita per le diverse meteore acquose ricorda la osservazione, fattasi da molti e in diversi luoghi, della simultaneità di tutti gli accennati fenomeni elettrici e meteorici: ossia di tuoni, di lampi, di grandine, di pioggia e di neve (3).

VII.

Corsero quasi vent'anni dalla pubblicazione delle « *Lettere al Beccari* » nelle quali si contengono le osservazioni, di cui abbiamo finora discorso, senza che alcuno tra gli elettricisti siasi fatto, dopo il Beccaria, a ricercare i molti segreti della meteorologia elettrica. Primo anzi a ripigliare tali studi fu il Beccaria medesimo, con una serie di osservazioni compinte, nella state del 1775, sul colle di Garzegna presso Mondovì: delle quali rese conto in due lettere indirizzate al Ministro Marchese di S. Tommaso, ed al Presidente della Società R. di Londra, baronetto Pringle (4).

Nella prima il Beccaria dimostra innanzi tutto, che a cielo sereno, eccetto nel caso di aria molto umida e di vento impetuoso, regna

(1) *Dell'elettricismo*. Lettera XV, pag. 319 e seg.

(2) Id. id. pag. 338 e seg.

(3) Id. id. pag. 290 e 345.

(4) Entrambe furono dal Beccaria raccolte e pubblicate, nello stesso anno 1775, in un opuscolo col titolo: « *Sull'elettricità terrestre atmosferica a cielo sereno, osservazioni dedicate a S. A. R. il Principe di Piemonte* ».

sempre alcuna debole, ma costante elettricità: e che la medesima è sempre positiva. Che se rarissime volte nel cielo ampiamente sereno si osserva elettricità per difetto, essa vi è trasportata, pel vento, da parte del cielo anche assai lontana, dove i vapori attualmente son condensati in nubi, o si sciolgono in pioggia, od in neve.

Riconosce il Beccaria, che la elettricità di cielo sereno ha connessione strettissima con la costituzione dell'aria umida o secca, perocchè l'umido dell'aria è il naturale conduttore dell'elettricità atmosferica all'apparecchio esploratore. — Studiando poscia le variazioni di questa, rispetto allo stato nuvoloso o sereno del cielo, ritrova: che positiva è la elettricità, che insorge, mentre il cielo si rasserenava. — Positiva altresì gli appare, ovvero nulla, quando il cielo, nel luogo dell'osservazione, si annuvola senza che avvenga la formazione di nuvoli secondari od *ascitizi*. Se i nuvoli, che si vanno formando, sono a bioccoli, ed in movimento, insorge elettricità per eccesso, e tanto maggiore in proporzione della velocità dell'annuvolamento, e alla copia di pioggia, o di neve, che ne segue. — L'annebbiamento raro, o congiunto a formazione di bioccoli, isolati ed alti, la nebbia bassa e densa, danno elettricità per eccesso. — Quando a cielo sereno un nuvolo basso, lento, e solitario passa sul filo esploratore, la elettricità per eccesso notevolmente s'indebolisce; ma, passato quel nuvolo, riprende il primitivo valore. Per l'opposto a cielo sereno, nell'atto che sovra il filo esploratore si stanno perpetuamente ricomponendo, e disciogliendo nuvoletti a bioccoli, di notevole estensione, d'ordinario la elettricità per eccesso cresce d'intensità, nè mai avviene in tali casi, che si muti in contraria (1).

Nella seconda lettera espone la scoperta da lui fatta del periodo giornaliero dell'elettricità a cielo sereno: alla quale, è debito nostro il ricordare, che già aveva accennato, con le sue osservazioni il Lemonnier.

(1) *Dell'elettricità terrestre atmosferica a cielo sereno, lettera prima.*

Ecco le vicende diurne dell'elettricità atmosferica, riconosciute dal Beccaria in seguito a continue esplorazioni, e da lui così formulate: « I. La mattina, secondo che il sole si va levando sopra l'orizzonte, la elettricità, che fosse nulla, va grado grado insorgendo, e sì essa, che la picciola elettricità, che esistesse avanti il levare del sole, vanno crescendo in intensione; II. E questo progredimento dell'elettricità di mattina a intensione maggiore accade più di buon'ora, secondo che l'igrometro, dopo il levar del sole, persiste a segnare maggior siccità, e secondo che l'igrometro, dopo il levar del sole, s'innoltra in essa più prontamente; III. Lungo poi alla giornata di serenità assai costante, e non disturbata da venti impetuosi, fino a tanto che il sole non si avvicina all'ocaso, e l'igrometro comincia a ricadere dal grado di siccità, alla quale è salito, dura quella maggior intensione, e frequenza della elettricità; IV. Verso il tramontare del sole, secondo che l'igrometro comincia a retrocedere, va scemando la intensione e crescendo la frequenza dell'elettricità giornaliera ⁽¹⁾ ».

Nelle quali variazioni ognuno vede assai chiaramente, e già con qualche precisione, indicato il periodo giornaliero dell'elettricità atmosferica, a definire il quale lavorano anche oggidì gli elettricisti.

VIII.

Le basi della meteorologia elettrica erano dunque stabilite: oltre a ciò non poche osservazioni già formavano il corredo della nuova scienza: e tutto questo scientifico patrimonio era quasi per intero dovuto all'instancabile operosità del nostro italiano G. B. Beccaria.

(1) *Dell'elettricità terrestre atmosferica a cielo sereno*, lettera seconda, pag. 28 e seg.

Ora affrettiamoci a dire, che non tutte le osservazioni e le congetture di lui erano accettabili senza discussione, nè tutti i risultati sperimentali ammessibili, senza ripetizione di prove. Chè la novità dello studio, e la difficoltà del medesimo, resa anche maggiore dalla imperfezione degli strumenti, lasciavano naturalmente presumere, che quei primi risultati, teorici e sperimentali, avrebbero ricevuto poscia alcuna più o meno notevole modificazione. Ma, ripetiamolo, nel campo smisurato della nuova scienza il Beccaria, quasi pellegrino in terra ignota, aveva piantato quà e là alcuni segni di ritrovo, ben definiti ed eminenti: e quest'è, a nostro avviso, non piccolo merito pel Beccaria, e del quale vuolsi tener conto nella storia della scienza.

Fu poi buona ventura, che primi a ritentare le nuove vie, da lui esplorate, sorgessero i due valorosissimi fisici De Saussure e Volta. Per essi infatti la meteorologia elettrica, arricchita di preziosissimi istrumenti e di accuratissime osservazioni, prese veramente l'aspetto e l'essere di scienza.

Non occorre più il ricordare quali felici modificazioni abbiano essi introdotte nella costruzione degli apparecchi elettrometrici, bastando che, a quanto già altrove se ne disse, qui si aggiunga come, mercè i nuovi strumenti, poterono essi intraprendere una serie di regolari osservazioni intorno alle vicende dell'elettricità atmosferica, a cielo sereno e nuvoloso, nelle singole ore del giorno, e nelle diverse stagioni dell'anno.

Neppure ci faremo ad analizzare particolarmente i loro scritti sulla meteorologia elettrica: chè per poco ci troveremmo costretti a riportarli per intiero, tanto sono essi pregievoli per le osservazioni e gli esperimenti descritti, e per la natura delle questioni trattate. Il capitolo XXVIII della grande opera di Saussure « *Voyage dans les Alpes* » e le lettere indirizzate dal Volta al prof. Lichtenberg di Gottinga sono lavori di tal fatta, che non possono cadere in dimenticanza, per quanto possa tuttavia progredire la scienza elettrica. Alle opere originali

pertanto noi rimandiamo coloro, che di tali cose volessero più particolarizzate notizie. Noi qui accenneremo solamente i principali risultati ottenuti dai due chiarissimi fisici.

Studiò il Saussure la distribuzione dell'elettricità nelle varie regioni dell'atmosfera, e ritrovò, che la elettricità dell'aria, costantemente positiva, quando il cielo è sereno, non è uniformemente distribuita nelle differenti altezze. Quasi nulla negli strati più bassi, cresce le medesima come l'elevazione. Trovò infatti, che alla superficie terrestre la elettricità è nulla: e comincia, nell'aperta campagna, a farsi sensibile ad 1 metro, o 1, 50 sopra il suolo. —Varia poi questa altezza, se in prossimità del luogo d'osservazione si trovano case, alberi, ecc.: il che torna nel dire, che la manifestazione dell'elettricità nell'aria non dipende dall'elevazione assoluta, sibbene dall'altezza relativa del luogo d'osservazione.

Ricercandone poscia le variazioni elettriche diurne nelle singole stagioni dell'anno, diede maggior esattezza e precisione alle osservazioni, prima di lui, istituite dal Beccaria. Trovò egli, che i segni elettrici nei mesi d'estate presentano un primo *maximum* tra le 8 e le 9 ore del mattino, poi diminuiscono sino alle 6 della sera, nel quale tempo si ha un primo *minimum*; si rianimano poscia e danno un secondo *maximum* alle 10 della sera; e nuovamente scemano sino alle 6 del mattino, in cui avviene il secondo *minimum*. — Nell'inverno, e in giorni perfettamente sereni, De Saussure trovò l'elettricità assai più intensa, che nell'estate: notò altresì una differenza nell'ora delle massime e delle minime. I segni elettrici, dopo il levar del sole, grado grado s'accrescono per qualche ora, giungendo al massimo, più o meno presto, ma sempre innanzi al mezzodì: si indeboliscono poscia gradatamente sin verso l'ora del tramonto, e toccano il *minimum* prima che si formi la rugiada. Col deporsi di questa, l'elettricità s'invigorisce, e talvolta più che non in altro tempo del giorno. Decresce quindi coll'innoltrarsi della notte, senza tuttavia spegnersi

interamente, se il tempo è sereno. Si hanno pertanto, eziandio nel verno, due massimi e due minimi: i primi alcuna ora dopo il sorgere e il tramontar del sole; i secondi poco prima del nascere e del tramontare (1).

Il Volta, partendo dalle osservazioni di Saussure ritrovò che la elettricità di cielo sereno, e in tempo d'estate, in cui essa è più debole, che non in qualsivoglia altra epoca dell'anno, non segnava mai, neppure nella notte, meno di 3.^o al suo elettrometro a paglie sottili; poco dopo il mezzogiorno saliva a 5.^o o 6.^o; ed, all'entrar della notte, a 8.^o ed anche più, a norma della quantità di rugiada. — A cielo coperto, anche senza indizi di temporale, ebbe qualche volta segni di elettricità più forti; tuttavia per solito gli riuscivano più deboli, che a cielo sereno, fino a non averne punto di sensibile in qualche ora caldissima, a meno di ricorrere al condensatore, per riconoscerla. Ma questo caso egli riconosceva rarissimo, ed anche di assai breve durata, e il più delle volte nel passaggio dall'elettricità positiva alla negativa, o viceversa, che ha luogo, allorchè è imminente la pioggia e già comincia, oppure cessa dal piovere.

D'inverno, a cielo sereno, e massime durante il gelo, ottenne sempre il Volta segni di molto maggiori, comunemente da 10.^o a 20.^o; rare volte meno di 8.^o nelle ore poco propizie della notte avanzata, e in sull'aurora. — A cielo coperto, sebbene più deboli, che non a sereno, non li trovò mai tanto deboli come in estate, fuorchè immediatamente innanzi la pioggia, o alla prima sua caduta. — Debolissima infatti, od anche nulla, gli appariva l'elettricità, allorchè la pioggia era imminente, e già già cominciava: ma per quanto debole fosse, quando

(2) *Voyage dans les Alpes*, Genève, 1786, tom. II, pag. 152 e seg.

Orazio di Saussure, distinto naturalista, nacque a Ginevra nel 1740, e morì nel 1799. Il suo nome è ricordato nella fisica e specialmente nella botanica, nella mineralogia, nella geologia, cui egli grandemente giovò con le sue osservazioni e particolarmente coi viaggi sulle Alpi, ch'egli descrisse in quattro volumi, pubblicati dal 1779 al 1796.

non v'era indizio di temporale, gli si mostrò sempre positiva. Al comparir delle prime gocce, la poca elettricità residua, andava sempre più svenendo, finchè, col proseguir della pioggia, cessavano affatto i segni elettrici, per ricominciare poscia, ma negativi, cadendo la pioggia, e crescenti in pochi minuti da 20.° a 40.° dell'elettrometro a paglie sottili. Tale andamento riconobbe il Volta per tutte le piogge non temporalesche, dentro la prima mezz'ora, o dentro un'ora. Ma continuando a piovere per più tempo, la stessa elettricità negativa spegnevasi quasi intieramente, venendo essa dissipata dall'aria fatta notevolmente umida.

Osservò sempre il Volta, come già il Beccaria, nelle nebbie una elettricità straordinariamente forte, e più forte in ragione che erano più dense, specialmente se il tempo era freddissimo, sino al gelo (1).

Intorno alle variazioni dello stato elettrico dell'atmosfera si intrapresero nuovamente in questo secolo molte osservazioni. Notevoli sono tra le altre le ricerche di Schübler, di Arago, di Palmieri, di Peltier, e specialmente quelle più recenti di Ronalds, di Lamont e di Quetelet. — Ma senza discendere ai particolari, osserviamo soltanto, che i risultati di questi lavori, per quanto siansi condotti con scrupolosa diligenza, presentano tuttavia differenze non poche, nè lievi. Il che se accenna, che la costruzione degli apparati esploratori non ha ancora raggiunto il grado di perfezione, che a sì fatte osservazioni si conviene, rivela altresì, e con non minore evidenza, che il problema della elettricità atmosferica, intorno al quale si esercitarono primi il Lemonnier e il Beccaria, è ben più complesso e difficile a sciogliersi, che a primo aspetto nen sembri.

IX.

Tanto estesa è l'azione dell'elettricità atmosferica, che non vi ha fenomeno meteorologico, del quale essa non si riveli cagione od

(1) Lett. III a Litchtenberg. V. *Collez. op. del Volta*, tom. I, parte II, pag. 140 e seg.

effetto, od a cui per lo meno costantemente non si accompagna. Primo ad annunciare questa universalità di azione dell'elettricismo naturale fu il Beccaria: e la sentenza di lui, anzi che contraddetta, è confermata ampiamente dalle moltiplicate osservazioni del secolo nostro. Infatti per unanime consenso si dichiara che la condensazione dei vapori in rugiada, in nebbie ed in nuvole, lo scioglimento di queste in pioggia od in neve, l'apparizione delle aurore boreali e dei fuochi di Sant'Elmo, e da ultimo la formazione delle trombe e della grandine, avvengono per l'azione più o meno diretta o concomitante della elettricità.

Non è nostro pensiero il passare in rassegna i diversi fenomeni accennati; per ciò che alle ricerche del Beccaria intorno ai medesimi già da noi ricordate, presso che nulla vi sarebbe da aggiungere per conto del secolo passato, ed eziandio dell'attuale: il che se accenna la lentezza del progresso degli studi meteorologici, è d'altra parte argomento di lode pel nostro fisico; al quale debbesi la osservazione di fatti, che taluni fisici dei tempi nostri si credettero primi a riconoscere. E ciò noi diciamo appoggiati all'autorevole giudizio di Arago: il quale rivendicò al Beccaria, con imparziale scrutinio, la priorità di non poche osservazioni relative alla meteorologia elettrica.

Noi riferiremo qui solamente i risultati delle ricerche istituite allo scopo di conoscere il modo di formazione della grandine: essendo che intorno a questa meteora si rivolsero specialmente le indagini del Volta, e poscia di alcuni fisici del secolo attuale. Non discuteremo neppure le condizioni che precedono, ed accompagnano la caduta della grandine. Accenniamo soltanto, che d'ogni altra migliore debbe ritenersi quella ipotesi, la quale sappia dar ragione della bassa temperatura necessaria pel congelamento del vapore delle nubi nell'estiva stagione, non che dello straordinario ingrossamento de' ghiacciuoli, e della sospensione, per più o men tempo, de' medesimi nell'aria, malgrado il loro peso.

Ciò abbiám voluto premettere per dispensarci dal riferire qui le ipotesi di Paracelso, che supponeva la grandine un prodotto delle stelle; di Cabeo e de' Peripatetici, che la ravvisavano una miscella di salnitro e di vapori acquosi, trasportati da turbini in strati più caldi, dove raccolgono altri vapori e intanto si raffreddano; di Cartesio, che ne ripeteva la origine dal cozzo de' venti; del P. Menestrier, che ne attribuiva la formazione all'esistenza di *particole frigorifiche* nell'atmosfera.

A Muschembroeck debbesi il primo cenno di una possibile relazione fra la grandine e l'elettricità. — Si volle poscia da Barberet, in una memoria pubblicata negli atti dell'Accademia di Dijon, nel 1769, che il congelamento de' vapori dipendesse da un difetto di fluido elettrico nell'aria. Egli suppose altresì l'intervento di particolari dissoluzioni saline e di *effervescenze fredde*: le quali erano al postutto una sostituzione, poco felicemente ideata, delle *particelle frigorifiche*, già cadute di moda; poscia che e la grandine e le piogge temporalesche altro non danno che pura e semplice acqua. — Un'opposta sentenza diede Morveau, nel 1777, supponendo la congelazione dei vapori prodotta da soverchia quantità di fluido elettrico nell'atmosfera. Fra tutte le ipotesi accennate, questa di Morveau comincia ad essere la meno sfornita di probabilità. Partì egli dal fatto riconosciuto dalle sperienze del Nollet e confermato dalle proprie, che la elettricità promuove la evaporazione de' liquidi, e suppose che le nubi grandinose altro non fossero che grandi ammassi di vapore fortemente elettrizzati, i quali soggiacciono ad una copiosa e celere evaporazione, massimamente promossa dall'elettricità, di cui sono investite le nubi temporalesche: onde producesi tale freddo nei vapori residui delle stesse nubi, da ridurli in ghiaccinoli. — In questa ipotesi già si scorge il principio della teoria data poscia dal Volta.

Il fisico De-Luc suppose che la formazione della grandine avesse luogo in altissime regioni dell'atmosfera, dove i vapori, pel freddo, si

congelano in forma di fiocchi di neve, più freddi assai della neve ordinaria, e cadendo poscia si gelano d'attorno più altri vapori, fino a vestirsi di una grossa crosta di ghiaccio. Ma da una tale supposizione emessa, nel 1788, nelle sue « *Recherches sur les modifications de l'atmosphère* » si ritrasse egli medesimo più tardi, osservando la costante relazione della grandine coi temporali, ossia come ben dice il Volta, coi fenomeni della strepitante elettricità atmosferica. Non rigettò tuttavia interamente la prima ipotesi; soltanto la modificò: persistendo cioè a credere che la grandine avesse per prima origine dei fiocchi di neve, i quali traversassero la nube nel cadere, e supponendo che questi fiocchi si formassero, nell'alto della nuvola stessa, mercè d'un *raffreddamento subitaneo dovuto ad alcuna causa chimica*.

La prima teoria che abbia dato più soddisfacente ragione dei diversi fenomeni, che precedono ed accompagnano la formazione della grandine, fu presentata dal Volta, nella lettera IX al prof. Lichtenberg, e da lui poscia rinnovata, nel 1806, in una speciale memoria *sulla grandine* ⁽¹⁾.

Il Volta ricerca in primo luogo donde si produca il freddo intenso, che agghiaccia le nubi apportatrici di gragnuola: « nubi, dice egli, non guari alte, ed alcun tempo innanzi alla fatale scarica, cinericie, vaganti, e come raminghe sotto il telone scuro delle altre nubi, che cuoprono il cielo: nubi, che il contadino, attento osservatore de' tempi sa ben distinguere, e dinotarle per quel che sono, per un ammasso cioè di grandine bella e formata ». Egli attribuisce la produzione del freddo necessario alla formazione del nocciuolo della grandine all'evaporazione della parte superiore di una nube molto densa, evaporazione accelerata e promossa dal concorso di più cause: cioè del sole che percuote la superficie superiore della nube; della secchezza dell'aria sovrastante alla medesima; della disposizione dei vapori vescicolari a risolversi in vapore elastico, e finalmente dell'elettricità

(2) Questa memoria fu seguito alle lettere intorno alla meteorologia.

della nuvola stessa. Le quali cagioni cospirando tutte a promuovere una rapidissima evaporazione cagionano nell'aria, in cui la nube è sospesa, un tale abbassamento di temperatura, che determina il congelamento del residuo della nuvola svaporante.

Il Volta risolve poscia una seconda difficoltà, la quale riguarda la grossezza e la costituzione dei ghiaccioli, formati quasi sempre di più strati di ghiaccio sodo trasparente intorno ad un nocciolo bianchiccio, non che la sospensione di essi mentre si forma, oppure è già fatta, per quanto tempo è necessario, affinchè arrivino all'ingrossamento, che di solito presentano. Evidentemente, dic'egli, non si può qui immaginare altra forza, che li sostenga, all'infuori dell'elettricità. Or bene s'immagini una nube temporalesca gagliardamente elettrizzata, e già cosparsa, per le anzidette cagioni, nella sua faccia superiore, di innumerevoli piccolissimi ghiaccioli: è facile il concepire che questi embrioni della grandine, spinti e sbalzati in alto dalla forte ripulsione elettrica della nuvola stessa, saran tenuti sospesi non altrimenti che sta sospeso nell'aria, dinanzi a un corpo elettrizzato, un corpuscolo qualunque; non al tutto immobile, ma oscillante così che or gli si avvicina ed or se ne scosta.— Che se poi suppongansi l'una all'altra sovrastanti, il che non è punto inverosimile, due nubi contrariamente elettrizzate, allora la oscillazione dei granelli si muterà, com'è naturale, in una viva agitazione, e saranno come ballottati dall'una all'altra nube, in ciascuna rimanendo sino a che investiti dall'elettricità della medesima vengono all'altra risospinti; in questo ballottamento i ghiaccioli si vanno ricuoprendo di nuovi strati di vapore congelato: fino a che divenuti assai grossi e pesanti, e perduta dalle nubi la rispettiva elettricità, cadono come in massa. Sarebbe questa in una parola una grande, ma poco gradevole riproduzione del ballo elettrico (1).

(1) *Collez. opere del Volta. Memoria sopra la grandine, tom. I, parte II, pag. 335.*

Ma alla teoria del Volta si obiettò ragionevolmente dal Bellani, che se i raggi solari hanno a provocare una copiosa evaporazione della nube, anzi che produrre un abbassamento di temperatura, debbono riscaldare l'acqua della nube stessa. Altra dunque vuol essere la causa dell'evaporazione. E ciò meglio anche apparisce dal fatto che grandina pur di notte e di buon mattino.

Suppose pertanto il Bellani che il freddo, onde s'agghiaccia il vapore, possa essere una conseguenza della espansione del vapore della nube, cagionata dalla ripulsione vivissima, che sorge nelle singole parti della nuvola stessa, per virtù del copiosissimo fuoco, che la investe.

Altre ipotesi s'immaginarono poscia in questo secolo, dall'Orioli, dal Lecoq, dall'Olmsterd, dal Genevois, e recentemente dal Peltier, dal De la Rive, dal Dufour per spiegare la formazione della grandine. Tuttavia la questione non è peranco sciolta; e nonostante le gravi obiezioni, che le furono mosse, la teoria del Volta non è respinta dai fisici.

X.

Mentre andavasi investigando l'azione dell'elettricismo atmosferico nella formazione delle meteore si continuavano pure, ma con diversa fortuna, le ricerche già intraprese nella prima metà del secolo passato intorno all'efficacia dell'elettricità nei fenomeni della vegetazione. Con diversa fortuna abbiamo detto, perocchè mentre la meteorologia elettrica si vantaggiava non poco dei lavori del Saussure e del Volta, la elettro-fisiologia vegetale, non che rimanere stazionaria, era per poco soffocata da una congerie di asserzioni gratuite, e quasi dissi, aberrazioni dello spirito umano: delle quali pareva definitivamente smessa la usanza nell'esame dei fenomeni elettrici, dopo che Franklin aveva rinnovato il metodo di analizzarli.

Le sperienze di Nollet, di Jallabert, di Mambray, di Boze, di Ménon avevano dimostrata l'azione dell'elettricità artificiale nel promuovere il germogliamento e la vegetazione. Era ovvio pertanto lo argomentare che di altrettanto, e assai più, fosse capace l'elettricità atmosferica, variamente, ma sempre operosa in qualunque stato del cielo, temporalesco, nuvoloso, o sereno.

Quindi con ragione il Saussure giudicava ammirabile la perpetua circolazione del fluido elettrico tra l'atmosfera e la terra, mantenuta col ministero de' vapori. « Esso ascende invisibile ed inoperoso, nascosto in seno di questi vapori, ma dispiegando poscia l'energia, onde è capace, allorchè i vapori mutano di forma, attivo ridiscende ed animato della sua forza penetrante ed espansiva; e le cime degli alberi, le punte delle foglie, le barbe delle spiche gli si fanno incontro, costringendolo a discorrere per entro alla sostanza dei vegetabili, che egli anima senza dubbio, e di cui diviene forse, decomponendosi, la parte più saporosa e più attiva ecc. » (1).

Ma quantunque il Saussure ripettesse gran parte del vigore delle piante dalla periodica circolazione del fluido elettrico, egli tuttavia fu lungi dall'esagerarne, oltre ogni limite, la efficacia, come si fece poscia dai fisici, che lo seguirono in sì fatte ricerche. Come già era avvenuto per quasi tutti i problemi attinenti ai fenomeni della vita, così pure nell'esaminare l'azione dell'elettricità sui vegetali, al difetto di sode osservazioni si supplì con una abbondanza di creazioni fantastiche, delle quali non sapremmo dire se maggiore sia stata la esagerazione, ovvero la stranezza.

Infatti meditando sull'azione gagliarda della scossa elettrica sugli esseri organizzati, alcuni ingegni ardimentosi s'immaginarono d'essere sulla buona via per discuoprire la misteriosa cagione dei fenomeni della vita: e questa idea per sì fatta maniera li affascinò e sedusse, che non conto omai più facendo del calore, della luce, della natura

(1) V. Op. citata. *Voyage dans les alpes*, cap. XXVIII.

del suolo, della umidità terrestre e atmosferica, di tutti gli elementi insomma, la cui efficacia sulla vegetazione già era universalmente riconosciuta ed ammessa, ogni salutare effetto avvisarono doversi attribuire al nuovo agente imponderabile: e in pochi anni crearono una fisiologia vegetale, interamente fondata sulla ipotetica azione della elettricità atmosferica.

Bastava infatti, in loro sentenza, elettrizzare le sementi, anche prima di affidarle alla terra, perchè se n'avesse un raccolto primaticcio e più bello. — Le arature, e in generale ogni lavoro del terreno, più che a modificarne le meccaniche, le fisiche e le chimiche proprietà, pel disgregamento e per l'esteso contatto con gli agenti atmosferici, ecc., essenzialmente giovavano ad affrettare l'opera della germinazione, per causa della maggiore facilità apprestata alla circolazione del fuoco elettrico nella terra. — L'assorbimento delle radici, e l'ascensione della linfa erano un movimento di fluidi prodotto dal mirabile agente: il quale infondeva altresì nelle foglie e nelle parti verdi delle piante la virtù di decomporre l'acido carbonico, e di fissarne il carbonio: nel che consiste la respirazione vegetale. Un passo ancora e la vita stessa avrebbe avuto principio dall'elettricità: e non si andò guari lontani dall'affermarlo, dappoichè si dichiarò che dalla elettricità dipendeva la fecondazione.

Non minore fu supposta la efficacia del medesimo fluido sugli animali. Si riguardò la elettricità come l'ottimo dei mezzi per ottenere le incubazioni artificiali, per favorire, ad esempio, le metamorfosi del baco da seta. Tutte poi le funzioni della vita vegetativa degli animali si subordinarono all'azione del fluido elettrico: e perfino i diversi temperamenti e le molteplici affezioni morbose si riputarono effetti di ridondanza, oppure di scarsezza del fluido stesso nell'organismo.

Principe tra questi, come il Volta li definisce, smodati panegiristi dell'elettricità, fu l'abate francese Bertholon, il quale occupato della sola elettricità, e nulla veggendo che elettricità, dalla medesima

fece dipendere non solo quanti v'hanno fenomeni, o puramente atmosferici, o terrestri-atmosferici; ma quelli altresì dell'economia animale e vegetale. Invero egli giunse a tale da stabilire che lo stato morboso degli animali era prodotto da uno squilibrio, o per eccesso o per difetto, del fluido elettrico nell'organismo; e in base di questo sistema egli classificò quasi tutte le malattie. Chiunque poi legga specialmente la seconda e la terza parte dell'opera « *sur l'électricité des végétaux* », da lui pubblicata nel 1783, rimarrà convinto che nel quadro, da noi superiormente abbozzato, non abbiamo caricato le tinte. Invero nella seconda parte di quell'opera egli cerca di dimostrare gli effetti dell'elettricità atmosferica sulla germinazione dei vegetali, sull'accrescimento del tronco, sulla produzione dei rami, delle foglie, dei fiori e dei frutti, e sulla moltiplicazione loro; sulla traspirazione e respirazione vegetale, sulla circolazione della linfa, sulla secrezione degli umori, sui movimenti generali e particolari delle piante. E come tutto ciò fosse poco, estende l'azione elettrica alle qualità proprie dei vegetali, al calore, al sapore, e all'odore dei fiori e de'frutti, e alle sostanze diverse onde sono composti, e perfino alla terra medesima: riguardando cioè il fluido elettrico siccome una materia costitutiva delle piante, epper ciò necessaria alle medesime come nutrimento.

Sono pertanto naturalmente gravissimi, a giudizio del Bertholon, i danni che provano i vegetali dalla mancanza di fluido elettrico nell'aria. Quindi egli suggerisce, nella terza parte della sua opera, gli opportuni rimedii contro il soverchio dell'elettricità atmosferica, e contro il difetto di questa. A lui sembra utilissima e conveniente la proposta « di elettrizzare l'acqua delle vasche e dei bacini per l'irrigazione, impedendo con un cemento isolatore la dissipazione dell'elettricità nel suolo ». — Per rimediare poi al difetto di fluido nelle piante egli inventa un *elettro-vegetometro*, destinato a raccogliere il fluido elettrico diffuso nella massa dell'aria, per riversarlo in abbondanza sopra i vegetali coltivati. Il quale apparato consiste in una

punta metallica isolata sovra pali e, per una catena, comunicante con un conduttore orizzontale, armato di punte, per le quali diffondesi alle piante il fluido raccolto dalla punta superiore. Di questo strumento egli scrive che, « per giudizio di alcuni suoi amici, è una fra le più belle e più utili scoperte fatte in quel secolo ». — Ma basti infine che si dica come quell'uomo d'altronde operosissimo, e benemerito per la efficace attività sua nel promuovere in Francia la diffusione dei parafulmini, vaneggiò per sì fatta maniera, da proporre che si curasse la distruzione degli insetti nocivi all'agricoltura, uccidendone le larve, per solito nascoste sotto la corteccia delle piante, con la scarica della boccia di Leida (1).

Partigiani delle medesime idee intorno all'azione fisiologica dell'elettricità atmosferica, ma tuttavia un po' meno esaltati, furono tra noi il Gardini, ed il Vassalli-Eandi. Ma tuttochè la dissertazione del primo abbia riportato i suffragi e l'approvazione dell'Accademia di Lione (2), noi non ci arresteremo ad esaminarla; per ciò che la scienza de'tempi nostri ha dato un severo giudizio sulle ricerche di elettro-fisiologia vegetale istituite nel secolo passato, proponendo per mezzo dell'illustre De la Rive la semplice questione seguente « *La elettricità opera dessa realmente sulla vita vegetale?* ».

Pochi anni or sono Forster e Solly ritentarono alcune sperienze di *elettro-cultura*, attirando cioè nel suolo, per mezzo di sbarre

(1) *Électricité des végétaux*: parte II e III, e specialmente pag. 399 e seg. 405, 420.

Le stesse idee riprodusse il Bertholon nella sua opera *De l'électricité des météores*, pubblicata nel 1787.

L'abate Bertholon, dell'ordine dei Lazzaristi, fu professore a Montpellier, e quindi a Lione, sua patria, dove morì nel 1799.— Oltre le accennate, scrisse altre memorie di argomento fisico, ma la migliore delle sue pubblicazioni è la « *Teorica degli incendi e del modo di prevenirli* ».

(2) *De influxu electricitatis atmosfericae in vegetantia*.

La stessa Accademia di Lione conferì, nel 1776, uguale premio ad una memoria del padre D. Thoury, dell'Oratorio, nella quale tutti gli atti fisiologici e patologici degli animali erano riferiti unicamente ad una pretesa circolazione di fluido elettrico attraverso l'organismo animale.

metalliche, la elettricità atmosferica: ma non ne ebbero risultati decisivi. — Si pretese che le piogge temporalesche avessero una virtù fertilizzante non posseduta dalle piogge ordinarie; si credette altresì accelerato il germogliamento e la vegetazione dalla vicinanza di conduttori dei parafulmini, infissi nel suolo. Ma, per lo contrario, con sperimenti comparativi, istituiti sovra porzioni distinte di suolo, collocate in condizioni, il meglio possibilmente analoghe, ed esposte le une all'azione dell'elettricità atmosferica, e sottrattene le altre, neppur si ottennero risultati decisivi. Del che si meraviglia nessuno che pensi alla molteplicità delle cause, le quali certamente uniscono l'azione loro a quella, qualunque si voglia, dell'elettricità atmosferica nel promuovere la vegetazione. Che se d'altronde si riflette alla natura complessa e tuttora non ben definita dei singoli fenomeni fisiologici, agevolmente si comprende come, volendosi discutere di elettro-fisiologia vegetale nel secolo passato, si dovessero quasi di necessità fabbricare delle ipotesi destinate a vivere un giorno (1).

XI.

Una questione importantissima a risolversi era quella di determinare l'origine dell'elettricità atmosferica. Franklin, Kinnersley, Canton, Wilson e Beccaria già ne avevano ricercata la soluzione, senza riuscirvi. Vuolsi tuttavia notare che tutti, ad eccezione di Canton, e di Wilson, i quali la ripetevano dall'ineguaglianza di temperatura nei successivi strati dell'aria, tutti pensavano che l'elettricità dell'atmosfera in alcun modo particolare dipendesse dalla presenza dei vapori acquei, in essa diffusi: ma fu il Volta, che primo ne fece la esplicita dichiarazione.

Il Volta, non appena vide (e ciò fu nel 1782) che la evaporazione era una sorgente di elettricismo, tosto suppose che lo stato

(1) *Traité d'électricité*, Tom. III, pag. 878.

elettrico dell'atmosfera derivasse dalla evaporazione, che ha luogo alla superficie terrestre. « Se, diss'egli, i corpi risolvendosi in vapori, o in un fluido elastico, si caricano di fuoco elettrico a spese degli altri corpi, e li elettrizzano per conseguenza negativamente; venendo in seguito i vapori medesimi a condensarsi, non cercheranno essi di deporre questo carico e non produrranno conseguentemente segni di elettricità positiva? *Ecco ciò che merita singolarmente d'essere verificato con l'esperienza* ».

Succederebbe pertanto nella volatilizzazione dei corpi per rispetto all'elettricità, ciò che avviene riguardo al calorico: ossia i corpi nel volatilizzarsi portano via una quantità di fluido elettrico dai corpi, i quali per ciò restano elettrizzati *negativamente*, non altrimenti che ne portan via una quantità di calorico, con ciò *raffreddandoli*. — Vuolsi quindi inferire che i corpi risolvendosi in vapori, o riducendosi allo stato aeriforme, acquistino una maggiore capacità rispetto al fluido elettrico, giusto come l'acquistano maggiore rispetto al fluido calorifico. Per ciò a quel modo che i vapori, allorchè si condensano e ritornano in acqua e conseguentemente alla primiera più angusta capacità, perdono il calore *latente*, ossia depongono il più di fuoco, che si avevano appropriato volatilizzandosi; così pure emetteranno il fluido elettrico, divenuto ora ridondante. Ed ecco come, secondo questa ipotesi, nascerebbe la elettricità di *eccesso* o *positiva*, che domina sempre più o meno nell'aria anche serena, a quell'altezza in cui i vapori cominciano a condensarsi: elettricità, la quale è più sensibile nelle nebbie, ove quelli si condensano maggiormente; e fortissima appare dove le folte nebbie si agglomerano in nubi, e già si sciolgono in acqua. — Fin qui la elettricità dell'atmosfera sarà sempre *positiva*. Ma formata che sia una nube potentemente elettrica in *più*, essa eserciterà la sua azione a distanza, ossia si circonderà di un'atmosfera elettrica; nella quale, se avviene che entri un'altra nube, allora secondo le note leggi delle *atmosfera*, gran parte del fluido elettrico di

questa nube si ritirerà verso l'estremità più lontana dalla prima, e potrà anche uscirne ove incontri altra nube, o vapori, o prominenze terrestri, che lo possano ricevere: ed ecco una nube elettrizzata *negativamente*, la quale potrà a sua posta cagionare con l'azione della propria atmosfera, l'elettricità *positiva* in una terza ecc. Onde facilmente spiegherebbersi come soprattutto nei temporali, movendosi rapidamente le nubi in vario senso, l'elettricità, accennata dai conduttori atmosferici, si cambi più volte, e spesso a un tratto, di *positiva* in *negativa* e viceversa (1).

Queste idee intorno all'origine dell'elettricità atmosferica si vennero sempre più confermando nella mente del Volta, a misura che egli moltiplicava le osservazioni sullo stato elettrico dell'aria. Noi lo vediamo pertanto riprodurre quella ipotesi nella lettera VII al prof. Lichtenberg, e darle poscia compimento nelle lettere susseguenti, applicandola a spiegare il vario elettrizzamento delle nubi e di altre meteore. Egli pone per base della medesima che un corpo, il quale si volatilizza e prende la forma di vapore elastico, acquista in tale nuovo stato una *capacità* molto più grande, che lo rende, giusta le leggi dell'equilibrio, esigente, o, diciamo così, sitibondo di una nuova dose di fluido elettrico. Quindi i vapori, che si alzano nella giornaliera evaporazione dalla superficie della terra, tolgono il fluido elettrico, parte al suolo onde si staccano, parte alle piante, e ad altre eminenze, che incontrano salendo, e parte infine agli strati dell'atmosfera, che attraversano.

In tale supposizione, gli strati inferiori dell'atmosfera essendo i primi a somministrare il fluido elettrico ai vapori innalzantisi; e dovendone per ciò appunto fornire di più che gli strati superiori, a cui giungono detti vapori di mano in mano men sitibondi; è facile il concepire come eziandio ad una piccola elevazione da terra, dove i

(1) *Collez. opere del Volta*. Appendice alla memoria del condensatore, tom. I, parte I, pag. 274.

vapori non sembrano aver già subito alcuna condensazione, dove non v'è neppur ombra di annabbamento, ne' giorni perfettamente sereni, e nelle ore di sole più vivo, si ottengano nullameno i segni ordinari di elettricità in *eccesso*. Codesta elettricità, aggiugne il Volta, non è per avventura, come quella delle nebbie ecc., effetto immediato di una ridondanza di fluido elettrico, emesso dai vapori condensati, nel quale caso suol essere più forte: ma bensì effetto di una minor deficienza di fluido negli strati d'aria più alti, che ne' più bassi, essendosi questi, più di quelli, impoveriti per arricchirne i vapori, cui diedero passaggio: il che poi viene a dire che il fluido elettrico abbonda più all'alto che al basso (1).

Per tanto nella teoria del Volta il fluido elettrico è una parte integrante delle grandi masse di vapori, che incessantemente si formano a spese dell'acqua dei mari, dei laghi, dei fiumi. Questi vapori innalzandosi, nelle alte epperchè fredde regioni dell'atmosfera, si condensano, e sprigionasi il fluido elettrico costitutivo dei medesimi, mentre erano allo stato elastico. Questo fluido si accumula e cresce in tensione, per ciò che la debole conduttricità dell'aria impedisce che il medesimo sia restituito alla terra, da cui ebbe origine, altrimenti che per mezzo della pioggia, della neve, della grandine, ovvero di violente scariche. — Quale singolarità di contrasto, esclama Arago, bene spesso ci presenta la natura tra gli effetti e le cause dei medesimi! Il fluido, che nei temporali spande i suoi chiarori abbaglianti, quasi a un tempo da oriente ad occidente, da mezzodì a tramontana, il fluido che dà luogo ad esplosioni sì rumorose; il fluido che precipitandosi sulla terra porta sempre con se la distruzione, l'incendio e la morte, sarebbe il prodotto della evaporazione giornaliera dell'acqua, la conseguenza inevitabile di un fenomeno, il quale si compie per gradazione inavvertita dai sensi!

(1) *Collez. opere del Volta*. Lettera VII al prof. Lichtenberg, tom. I, parte II, pag. 216.

XII.

De Saussure, ripetendo nel 1785 le sperienze del Volta sull'evaporazione, la riguardò ancor esso come causa dell'elettricità atmosferica: in ciò solamente discostandosi dal Volta, che egli attribuì ai vapori *vescicolari* la virtù di assorbire l'elettrico, la quale secondo il Volta appartiene ai vapori *elastici*. Sarebbero cioè, secondo De Saussure, i vapori vescicolari dotati di una capacità specifica per l'elettrico maggiore, che non l'acqua allo stato liquido. In essi pertanto si raccoglie e si nasconde il fluido elettrico: il quale poi si renderebbe libero, e così apparirebbe in eccesso, allorchè si trasformano in vapori elastici e si dissolvono nell'aria. Sarebbe dunque il fluido elettrico, nella opinione di Saussure, una parte integrante dei vapori vescicolari, e in niun modo dei vapori elastici. E di ciò starebbero a prova, secondo lui, il crescere dell'elettricità positiva dell'atmosfera al rasserenarsi del cielo, e l'affievolirsi e il quasi totale disparire della medesima nella più parte degli annuvolamenti (1).

Ma a queste osservazioni, che non sono costanti e potrebbero eziandio altramente spiegarsi, il Volta ne contrappone altre, quanto più certe ed immancabili, altrettanto più chiare e dimostrative: e sono quelle della vigorosa elettricità positiva, che salta fuori dalle basse nebbie, massime al loro primo comparire, e dove si formino rapidamente; e dello svanire di tale elettricità al dileguarsi delle nebbie medesime. Or qui, dice il Volta, è pur visibile che il fluido elettrico è spremuto fuori, a così dire, dai vapori elastici, allorchè condensandosi prendono la forma di nebulosi ossia di vescicolari; ed è nuovamente assorbito, ritornando questi allo stato di vapori elastici invisibili: all'opposto di ciò che pensa De Saussure, che lo bevano cioè, e

(1) *Voyage dans les Alpes*. Nouvelles recherches sur l'électricité atmosphérique, tom. II, § 829.

se l'appropriino i vapori vescicolari; e gli elastici lo emettano, comparendo essi, e l'aria che li tien disciolti, elettrizzati per eccesso.

A queste osservazioni sull'elettricità atmosferica il Volta altre ne aggiunge sull'elettricità prodotta dall'evaporazione artificiale: tra le quali il maggiore elettrizzamento *in meno* del vaso isolato nei fenomeni della combustione, nello svolgimento di gaz, e in generale sempre quando meno vapori vescicolari son mescolati con gli elastici; ed il difetto di elettrizzamento, o quasi, allorchè i vapori elastici repentinamente si cambiano in vescicolari ⁽¹⁾.

Si volle pur da taluni attribuire l'origine dell'elettricità atmosferica all'azione parimenti meccanica dello stropicciamento dei vapori nell'atto di loro formazione, contro le pareti dei recipienti, ed eziandio dell'aria, nella quale si innalzano. Il Volta, senza respingere in modo assoluto questa supposizione, osserva tuttavia che non saprebbe con essa spiegare perchè l'apparato evaporante isolato abbia sempre ad elettrizzarsi *in meno*, di qualunque materia esso sia, e di qualsivoglia specie il corpo impostovi, che sfuma in vapori.

E perchè, dice egli, ha da toccar sempre ai vapori di elettrizzarsi *in più*; nè mai ha da mutarsi la elettricità, variando lo stropicciamento? Non accade già così con le raschiature, le quali escono dallo stropicciamento elettrizzate *in più* od *in meno*, secondo che son esse varie di specie, e vari i corpi, contro cui si strofinano, o da cui si spiccano; e sogliono anche, per circostanze talvolta impercettibili, cangiare dal *positivo* al *negativo*. Or come va, che tutti i vapori, e dell'acqua, e dello spirito di vino, e dell'etere, ecc. sempre debbono contrarre la elettricità per *eccesso*, obbligando ad elettrizzarsi costantemente per difetto e ferro, e rame, e argento, e porcellana, e vetro, o legno, e aria, e quanti insomma son corpi, da cui si staccano, e contro cui si soffregano detti vapori nel sollevarsi in alto? Come non succede mai, che gli uni e gli altri si elettrizzino contrariamente? Questi

(2) *Opere del Volta*, tom. I, parte II, pag. 248 e seg.

fatti sono inconciliabili con quanto nè insegna l'esperienza intorno la elettricità prodotta dallo strofinamento.

Quanto al doversi ripetere l'elettricità atmosferica dallo stropicciamento dei vapori contro l'aria il Volta osserva, che dovrebbe la medesima manifestarsi assai più intensa, spirando venti impetuosi, mentre l'esperienza insegna che questi scemano la elettricità nell'aria, anzichè accrescerla ⁽¹⁾.

Finalmente appena è d'uopo accennare la ipotesi del Bertholon, e già emessa, a maniera di dubbio, da Franklin, che lo stato elettrico dell'atmosfera risulti dallo strofinamento dell'aria contro la superficie terrestre: della quale ipotesi ognuno vede la insussistenza e la contraddizione coi risultati sperimentali testè accennati ⁽²⁾.

In conclusione: la teoria del Volta pareva di tutte la meglio acconcia a dichiarare il complesso dei fenomeni della meteorologia elettrica.

Dai fisici del secolo nostro fu ripigliata la discussione intorno all'origine dell'elettricità atmosferica: nè per anco si è arrivati ad una conclusione definitiva. Ci sia quindi permesso in ragione dell'importanza dell'argomento, lo accennare almeno sommariamente lo stato della questione.

Si ritiene dalla maggior parte dei fisici attuali che l'elettricità atmosferica si derivi dall'evaporazione: e si ammette altresì che il vapore acqueo sia il naturale veicolo, che porta nell'atmosfera la elettricità, che esso toglie al liquido, da cui dimana. — Ma si presume che questa non ne sia l'unica ed esclusiva sorgente. — Non si è poi d'accordo nel modo di considerare il fenomeno dell'evaporazione in ordine all'elettricità.

Così il Pouillet suppose che lo svolgimento di essa non debba attribuirsi al cambiamento di stato, considerato come una fisica azione,

(1) *Opere del Volta*, tom. I, parte II, pag. 270 e seg.

(2) Bertholon. *Électricité des météores*, 1787, tom. II.

per la quale i vapori acquistano una maggior capacità a contenere il fluido elettrico, ma bensì alle chimiche azioni, le quali accompagnano la evaporazione dell'acqua del mare. Quindi i vapori nell'atto di loro formazione portano seco nell'atmosfera la elettricità positiva: la quale trasportata poscia sui continenti, si rende, a cielo sereno, sensibile agli elettroscopi, e cagiona nei temporali le violente scariche del fulmine. — Quale sorgente di elettricismo, e quindi cooperatrice con la evaporazione, il Pouillet considerò altresì la vegetazione: per la quale si fornirebbe elettricità positiva all'atmosfera, e negativa alla terra (1).

Le sperienze di Armstrong sull'elettricità del vapore, che esce dalle caldaje delle macchine a vapore, e quelle successivamente istituite da Riess, da Faraday, da Gaugain ecc. fecero risorgere la ipotesi dell'eletttrizzamento dei vapori per semplice azione meccanica, ossia per attrito.

Si volle eziandio da alcuni fisici far rivivere la ipotesi di Canton, assegnando all'elettricità atmosferica una origine termica, considerandola cioè come un risultato dell'azione calorifica del sole sull'atmosfera e della conseguente distribuzione della temperatura nelle varie regioni, ed alle differenti altezze della medesima. Ma niun fatto sperimentale ha rivelato finora una qualche termo-elettricità ne' gaz e nei vapori (2).

(1) Le sperienze per riconoscere se dalla vegetazione si producesse elettricità furono istituite dal Pouillet nel 1825. Quindici anni prima di lui il prof. Ferdinando Elice di Genova riconobbe, che le piante di menta piperita, esposte al sole, manifestavansi elettrizzate, muovendo le foglioline dell'elettrometro di Bennet.

(2) Tra questi è il prof. Saverio Barlocchi, il quale considerò il sole come la sorgente immediata dell'elettricità terrestre ed atmosferica. « Il potere elettrico, dice egli, risiede nella luce, e il sole è l'inesausta sorgente d'elettricismo, ebe per raggiamento si diffonde e dissemina sul nostro globo, come per tutto il planetario sistema, e che poi per mezzo dell'evaporazione, secondo i principi del nostro Volta, non esclusa l'azione chimica per quel che le spetta, vien ripartito e distribuito nell'atmosfera, per ivi concorrere, sotto diversi aspetti e diverse forme, alla produzione dei fenomeni meteorologici ».

V. *Giornale Arcadico*. Roma. Giugno, 1830.

Pensa finalmente il De la Rive che la sorgente dell'elettricità atmosferica s'abbia a cercare in qualche azione naturale d'un ordine superiore alle fin qui accennate. Questa gli sembra poter essere l'azione chimica, che incessantemente avviene sull'interna superficie della corteccia solida del nostro globo, là dove è il limite tra la parte già solidificata, e quella che è tuttavia in istato di fusione ignea. Questa azione chimica dipenderebbe non solo dalle azioni locali, ma eziandio dalle infiltrazioni delle acque del mare: le quali per ciò si caricerebbero di elettricità positiva, mentre la corteccia terrestre riterrebbe la negativa. I vapori pertanto, che s'innalzano dalla superficie del mare porterebbero sempre con sè la elettricità positiva, mentre il globo conserverebbe là, dove non v'hanno mari, la elettricità negativa. Ma nelle regioni tropicali specialmente, dove più copiosa d'assai è la evaporazione, l'atmosfera riceverebbe dal mare la maggior copia di vapori *positivi*, i quali, sollevatisi alquanto e verticalmente si riverserebbero poscia sui due emisferi, per la corrente tropicale delle alte regioni dell'atmosfera. Movendosi questa corrente carica di vapori positivi da principio in direzione orizzontale, si accosterebbe quindi sempre più alla superficie della terra, a misura che si raffredderebbe, scostandosi dalle regioni equatoriali; e ai poli stessi della terra, o in prossimità dei medesimi verrebbe quasi a contatto del suolo *negativo*, e produrrebbe così il fenomeno delle aurore boreali (1).

Come le aurore boreali, così la relativa frequenza dei temporali nelle diverse stagioni, e nelle varie plaghe della terra, e le variazioni dello stato elettrico nelle regioni dell'atmosfera, troverebbero in questa ipotesi una facile spiegazione. Nè mancano fatti ad appoggiarla, tra i quali lo stato elettrico positivo dell'acqua del mare, e negativo della superficie della terra. E forse da quest'antagonismo tra lo stato

(1) De la Rive. *Traité de l'électricité théorique et appliquée*, tom. II, pag. 191 e seg.

positivo dell'atmosfera ed il negativo della terra vogliansi ripetere i sotterranei sconvolgimenti, che talora precedono i violenti temporali, e dei quali parla il Beccaria, e segnatamente Arago nella sua grande monografia « del fulmine » (1).

XIII.

A compiere il quadro storico della meteorologia elettrica occorre che da noi si ricordino le vicende e la lotta ch'ebbero a sostenere i parafulmini, prima di venire per unanime consenso annoverati fra le invenzioni utili all'umanità.

Gli apparati Frankliniani non s'acquistarono, per qualche tempo, in Europa il favore, che ottennero nell'America, dove, a partire dal

(1) Nell'ottobre del 1755, ed era l'anno del famoso terremoto di Lisbona, una inondazione subitanea, per lo straripamento del Po, fu cagione di immenso danno a molte valli del Piemonte.

Il disastro, dice il Beccaria, fu preceduto da tuoni orrendi: e per unanime consentimento, ne fu causa principale l'immenso volume d'acqua sotterranea, che d'un colpo, durante il temporale, uscì dal seno delle montagne, per nuove aperture.

In proposito di consimili fatti, così scrive Arago: « Gli storici e i meteorologisti ricordano delle inondazioni locali, i cui effetti parvero superiori a ciò, che potesse produrle la poca pioggia caduta dalle nubi su poco estesa regione. Raramente accadde, che non si sia allora osservato, per più o men lungo tempo delle grandissime masse d'acqua sorgere dalle viscere della terra e da aperture peranco sconosciute; come pure che un violento temporale non sia stato il precursore del fenomeno, e probabilmente la causa prima. Tali furono precisamente, nel giugno del 1686, le circostanze dell'inondazione, che distrusse quasi interamente i due villaggi di Ketlevell e di Starbotton, nella contea di York. Durante il temporale un'immensa screpolatura si formò nella montagna vicina, e al dire di testimoni oculari, la massa di liquido, che impetuosa ne uscì, ha contribuito almeno quanto la pioggia a cagionare que' danni ».

Più altri fatti adduce Arago, tra i quali questo d'un fonte nei colli del Vicentino, da cui anche dopo una lunga siccità, e quando è asciutto da tempo, sgorga d'improvviso una vena copiosa d'acqua torbida, ogni volta che si sta formando un temporale ecc.

V. Arago. *Le Tonnerre*, pag. 138 e seg.

1760, se ne diffuse notevolmente l'applicazione. Nè soltanto se ne disconobbe la utilità e la convenienza: ma alcuni fisici d'Inghilterra e di Francia si levarono a profeti di sventure e di danni, anche gravissimi, per quegli edifici, i quali per avventura si armassero di un così fatto apparecchio: il quale in loro sentenza, forse meglio si acconciava ad attirare il fulmine, che non ad impedirne lo scoppio.

Capitanarono la schiera degli oppositori il Nollet in Francia e il Wilson in Inghilterra.

Nelle « *Lettres sur l'électricité* » pubblicate nel 1753, e in quelle del 1767, che ne sono la continuazione, l'Abate Nollet giudicava a gran pezza insufficiente una sbarra metallica a sottrarre la materia fulminea ad una nube temporalesca. La niuna efficacia, che a dissipare il fulmine, hanno i campanili, gli alberi, e in generale i corpi alti ed acuminati, ed anzi la maggiore frequenza dei danni, che essi ne provano, rivelavano, a suo credere, la impotenza dei proposti apparecchi preservatori, se puro non accrescevano il pericolo, che la materia fulminea sottratta alle nubi, rigurgitando dal conduttore, inetto a contenerla, si riversasse negli edifici medesimi. Al postutto poi non ravvisava necessario che i conduttori terminassero in punta; al preconizzato ufficio bastando una qualunque sbarra metallica.

Tali sono, in poche parole, gli argomenti addotti dal Nollet per abbattere la proposta di Franklin. Nè diverse furono le armi adoperate dai seguaci della sua scuola: i quali tuttavia non seppero maneggiarle con l'apparente pacatezza e l'accorgimento, di cui sempre fece prova il Nollet, quantunque avversario dichiarato del Franklin. Troviamo infatti che l'abate Poncelet, uno dei più arrabbiati partigiani del fisico francese, nell'opera « *La nature dans la formation du tonnerre* » non si limitò soltanto a bandire l'ostracismo de' parafulmini, ma giunse ad invocare la promulgazione di una legge, che

proibisse di dare una forma acuta ai tetti delle case e vietasse altresì i piantamenti di alberi d'alto fusto in prossimità degli edifici (1).

La opposizione, anch'essa vivissima, incontrata dagli apparati Frankliniani in Inghilterra, non fu consigliata esclusivamente da considerazioni scientifiche, ma suggerita eziandio da una ragione, che con improprio linguaggio diremo politica. — Agitavasi in quel tempo l'America per scuotere il giogo della Inglese dominazione, e tra gli strenui propugnatori dell'indipendenza di quelle colonie il Franklin era de' primi. Laonde non seppi a tutta prima far buona accoglienza ai parafulmini; pei quali riputavasi colpa l'essere nati al di là dell'Atlantico, e per opera d'un avversario politico dell'Inghilterra.

Questa opposizione, certamente poco nobile e non dicevole a così grande nazione, partì dalla reggia, e di là scese alle aule della Società Reale, cui pertanto spettava di avvalorare, ed eziandio di colorire con le ragioni della scienza, una opposizione generata da rancori politici. — Ma non essendo più a quel tempo tanto agevole cosa il negare alle sbarre metalliche drizzate nell'atmosfera la virtù di disperdere nella terra il fuoco delle nubi temporalesche, il Wilson e con esso la maggior parte degli accademici di Londra si diedero a combatterne la forma. Infatti non si peritarono essi di proclamare non solamente inefficaci, ma gravemente pericolosi i conduttori terminati da punta, siccome era consigliato da Franklin, e di giudicare che si dovessero le punte cangiare in una sfera metallica, se pur volevansi i

(1) Queste intemperanze di giudizio, per niun conto giustificabili, fecero sì che il volgo erudito ed ignorante riguardasse i nuovi apparecchi con un sentimento di diffidenza e, più ancora, di spavento, e quindi cercasse eziandio con la violenza, di impedirne la collocazione sugli edifici, non che pubblici, privati. Infatti ancora nel 1783 la municipalità di Saint-Omer intimava al signor di Boisvallé di abbattere il parafulmine da lui collocato sovra la propria casa. — E alcuni anni innanzi il De Saussure, per tranquillare la popolazione di Ginevra sul conto del parafulmine, che egli aveva posto sul tetto della propria casa, dovette far distribuire gratuitamente una sua operetta a stampa intorno alla utilità dei conduttori elettrici.

nuovi apparecchi rendere atti all'ufficio, per il quale erano stati proposti. — Assai memorie furono scritte in appoggio del *verdetto* della Società R. di Londra; ed anche si costruirono i nuovi apparecchi: dandone primo l'esempio il re Giorgio III, che uno facevane drizzare sul proprio palazzo.

La questione della forma, in cui dovevansi terminare i conduttori metallici, diede luogo ad una vivissima discussione tra i fisici Inglesi e quelli del continente. Essa in fine fu sciolta da alcune sperienze decisive istituite dal Beccaria.

Aveva il nostro fisico, fin dal 1753, fissato sovra il tetto della chiesa di S. Giovanni in Torino una sbarra di ferro appoggiata a sostegni isolatori. A poca distanza dall'estremità inferiore della sbarra cominciava un altro conduttore comunicante col suolo. La parte più alta della sbarra terminava in una punta metallica mobile, la quale potevasi a volontà, per mezzo d'una semplice funicella di seta, volgere verso il cielo od abbassare verso la terra. — Con quest'apparecchio accadde più volte al Beccaria di osservare che, essendo abbassata la punta, l'apparecchio non dava scintille: dirigendola invece subitamente verso il cielo, pochi istanti dopo le scintille apparivano; e di nuovo cessavano, girandola a terra. In date condizioni atmosferiche l'apparizione delle scintille aveva luogo, qualunque fosse la posizione della punta, ma sempre più forti erano queste, e più frequenti, allorchè la punta trovavasi alzata. —

Queste sperienze del Beccaria accennavano chiaramente la maggiore efficacia dei conduttori acuminati nel togliere alle nubi temporalesche la materia fulminea, onde sono cariche. — Non è quindi a meravigliare che il Beccaria, il quale, nella prima sua opera sulla elettricità, astenevasi dal portare un definitivo giudizio sulla pratica utilità dei parafulmini, un anno dopo la pubblicazione della medesima, cioè nel 1754, dettasse nella scuola, come facilmente si potesse qualunque edificio, nave ecc. preservare dai funestissimi effetti del

fulmine (1). Anzi egli stesso era primo a sperimentare in Europa la efficacia dei Frankliniani apparati. Drizzò egli sovra due padiglioni del R. Castello del Valentino, due verghe metalliche isolate. Poco sotto alla base di ciascuna di esse dispose un filo metallico non isolato, e discendente, senza interruzione, lungo il muro, sino a sprofondarsi nel suolo. Or beue: vide egli sempre, in occasione di temporali, vive scintille slanciarsi da ciascuna delle verghe isolate, costituenti il parafulmine, al filo sottoposto, che era il conduttore del fuoco elettrico nel suolo. E tanto erano esse rapidissime e frequenti, che l'occhio non scorgeva l'intermittenza di luce, e l'orecchio udiva uno strepito quasi continuo.

Da ultimo il Beccaria, a sciogliere perentoriamente la questione della forma dei conduttori, innalzò, a poca distanza l'un dall'altro, due parafulmini terminanti l'uno a punta e l'altro a sfera, muniti del rispettivo conduttore; e vide che mentre il primo dava scintille, ogni volta che stabilivasi tra l'asta isolata ed il conduttore una soluzione di continuità, l'altro a sfera, posto in nguali condizioni, non porgeva che debolissimi segni elettrici.

Arago, unico quasi tra gli scrittori dei tempi nostri a ricordare le belle ricerche sperimentali del fisico italiano, trasse dalle medesime argomento a dimostrare, come l'azione graduale ed incessante di siffatti conduttori acuminati valga, nel più de' casi, a dissipare e neutralizzare la materia fulminea delle nubi, per quanto copiosa in esse si mostri (2).

XIV.

Ma la efficacia e l'utilità dei parafulmini, amplissimamente oggidì riconosciuta, riccette fin d'allora, presso noi, una pratica ed evidente dimostrazione nel R. castello del Valentino: il quale devastato assai di

(1) Eandi. *Memorie istoriche intorno gli studi del P. Beccaria*, pag. 28.

(2) Arago. *Œuvres*. Tonnerre, pag. 337 e seg., 358, 391.

frequente da colpi di fulmine più non ebbe, per testimonianza del Toaldo, a sopportarne alcun danno, dopo che il Beccaria ne armava i padiglioni di aste metalliche comunicanti col suolo.

L'Italia pertanto, grazie agl'insegnamenti ed alle sperienze del Beccaria, precorreva le altre nazioni d'Europa nell'applicazione dei nuovi apparecchi preservatori dal fulmine. Invero il fisico Mondovita, nel 1770, era chiamato a Milano, perchè, visitato il duomo di quella città, insegnasse il modo di collocarvi i conduttori: il quale incarico a lui diede occasione di comporre una pregievolissima istruzione sui parafulmini ⁽¹⁾. — Venezia nel 1776 armava di conduttore elettrico il campanile di S. Marco, che per la sua grande altezza, e per la posizione isolata, e per la copia del ferro adoperato nel costruirlo, già era stato, nel corso di quattro secoli, nove volte percosso e gravemente danneggiato dal fulmine. — Siena in quell'anno istesso riparava la torre della sua cattedrale dalle non infrequenti visite di tanto malaugurato ospite. — Quindi Genova e Lucca, e poscia a brevi intervalli le città maggiori della Penisola ne imitarono l'esempio. — Osserviamo finalmente che in Italia comparvero le prime istruzioni pratiche intorno ai parafulmini per cura del Toaldo, del Landriani, del Frisi, dell'Arnolsini ecc.

Nella vicina Francia si durò fatica a far comprendere che, più dei giudizi del Nollet e de'suoi seguaci, erano credibili le prove, che di loro utilità avevano dato i parafulmini dovunque eransi applicati, e che se già non solo in Italia, ma nella Svizzera si erano diffusi, e nell'Austria e nella Baviera, per cura del Toaldo, si andavano impiantando, ciò voleva ben dire che universalmente utili si riputavano

(1) *Maniera di preservare dal fulmine il duomo di Milano.* Milano, 24 ottobre 1770. Tra le varie opere inedite del Beccaria si trovano pure tre altre memorie intorno alla maniera di preservare dal fulmine il magazzino a polvere di S. Ignazio di Demonte, — i magazzini a polvere in generale, — e la torre della lanterna di Villufranca. — La prima memoria è in forma di lettera, in data del 24 marzo 1770. La seconda è una risposta del 6 aprile 1770, a lettera dell'abate Felice Fontana di Firenze, del 31 marzo. La terza è una lettera del 29 luglio 1773.

anzi che pericolosi. — Malgrado gli sforzi dei fisici Charles e Le-Roy, i parafulmini non vennero adottati in Francia prima del 1782, per opera specialmente dell'abate Bertholon, il quale li innalzò da prima a Lione e in varie città della Linguadoca, e quindi in Parigi, dove il governo lo chiamò a regolarne la collocazione.

Finalmente sei anni dopo, ossia nel 1788, i parafulmini *a punta* attraversarono la *Manica*, e il primo d'essi apparve sulla chiesa di S. Paolo in Londra.

Chiudiamo questi cenni registrando un altro fatto onorevole per la patria nostra. Di qui partì ancora l'esempio, e lo diede la Repubblica di Venezia, dell'applicazione dei parafulmini alle navi. Osservando come non di rado le navi fossero colpite dalla terribile meteora, con decreto del 30 luglio 1778, l'antica dominatrice dei mari ordinava che del nuovo apparecchio preservatore si armassero tutte le navi e i magazzini a polvere della Repubblica. — Quindi, nel 1784, la Francia incaricava il fisico Le-Roy, di visitare al medesimo fine, i porti principali del regno. — Più tardi le altre nazioni marittime seguirono l'esempio di Venezia.

La costruzione dei parafulmini fu, nel secolo nostro, oggetto di frequente discussione in seno alle scientifiche accademie. Sono particolarmente meritevoli di essere ricordate le due istruzioni redatte, d'incarico dell'Accademia delle scienze di Parigi, dal Gay-Lussac nel 1823, e dal Pouillet nel 1854, a compimento della prima. Non vuoi poi dimenticare il classico lavoro di Arago ch'egli intitolò « *Le tonnerre* » dove raccolse tutto che riguarda gli effetti del fulmine e le condizioni meglio acconcie alla buona riuscita degli apparati di Franklin (4).

(4) Crediamo superfluo lo accennare le condizioni da osservarsi nella costruzione dei parafulmini sugli edifici e sulle navi: potendo il lettore ritrovarle ampiamente discusse in tutte le opere di elettricità.

L'azione attribuita all'elettricità atmosferica nella formazione della grandine fece credere alla possibilità di impedire le devastazioni di questa meteora, a quel modo che s'impedivano i danni del fulmine, *sottraendo* alle nubi temporalesche il fuoco, onde sono agitate. Di qui l'applicazione dei paragrindini, proposta la prima volta da Gueneau di Montbeillard, in una memoria presentata, nel 1776, all'Accademia di Dijon in Francia. Accolta con entusiasmo dal Bertholon ed appoggiata eziandio da Morveau, da Buissart, e da più altri, il paragrindine di Gueneau fallì ne'risultati sperimentali: forse perchè tali prove erano circoscritte a troppo angusta regione, sicchè non potevansi ragionevolmente promettere indizi di una qualche efficacia. — Essa fu combattuta dal Volta, il quale suggeriva, come mezzo migliore delle punte nel prevenire la formazione dei temporali, e nel renderne eziandio meno temibili gli effetti, l'accensione in aperte campagne, e meglio ancora sovra luoghi elevati, di grandi fuochi, i quali traessero il fluido elettrico dall'atmosfera nella terra. Ma niun esperimento s'è finora tentato per riconoscere l'efficacia del suggerimento del Volta.

La proposta dei paragrindini fu rinnovata nel 1820 dal farmacista Lapostolle di Amiens. Voleva egli che sovra gli alberi, o in generale in luoghi alti, si drizzassero pertiche finienti in punta e munite di una corda di paglia di frumento o di segala discendente fino a terra. Riteneva egli ancora che un tale apparato posto sulle case compisse le veci di un buon parafulmine. Sperimentati, nel 1824, dal prof. Thollard di Tarbes nel dipartimento degli alti Pirenei, con felicissimo esito, a quanto egli medesimo riferì nell'anno successivo alla Società Linneana di Parigi; — provati quindi senza frutto sui monti della Brianza e di Lecco, e tuttavia lodati dal prevosto Beltrame in una memoria pubblicata a Milano nel 1833; — e prima ancora, cioè nel 1824, raccomandati dal prof. Orioli alla Società agraria di Bologna, con l'avvertenza di sostituire alla corda di paglia un conduttore metallico; e tuttavia nell'agro Bolognese, e poscia nelle terre del cantone

di Vaud, sul lago Lemano, sperimentati inefficaci: ecco le principali vicende subite dai paragrindini suggeriti da Lapostolle. Sui quali l'Accademia delle Scienze di Parigi invitata dal Ministro dell'interno ad esprimere il suo giudizio, dichiarava, a mezzo del Fresnel, che la teoria della grandine non era per anco abbastanza sodamente stabilita; che la efficacia de' paragrindini era tuttavia così incerta, da non potersene consigliare l'impiego; che gli esperimenti fino allora tentati non avevano dato risultamenti positivi; che finalmente a sciogliere la questione occorreva molto tempo e una spesa sproporzionata alla probabilità del successo.

Altri mezzi finalmente si proposero a prevenire la formazione della grandine. Parrot suggerì a quest'uopo i razzi, Elice i cervi volanti, ed Arago gli arcostati elettrici, mandati gli uni e gli altri verso le nubi temporalesche, a scaricarle del fluido esuberante, e renderle per tale mezzo inoffensive. — Ma a tutte queste ed alle precedenti proposte, ai tempi nostri, un'altra ne prevalse, la quale, se non impedisce il danno, che la grandine cagiona ai raccolti campestri, compensa il danno individuale che ne risentono gli agricoltori: vogliam dire l'*Assicurazione contro i danni della grandine*, la diffusione della quale, non meno che di tutte le altre associazioni agricole, è un vero beneficio economico e sociale.

XV.

Che se ora, rifacendo a grandi tratti la lunga via percorsa, mettiamo i progressi della scienza elettrica, dai tempi di Franklin sino all'epoca del Galvani, a confronto con quelli fatti da essa a cominciare da Gilbert insino al 1750, troviamo senza dubbio ragione di rallegrarci dell'assetto preso dalla scienza dell'elettricismo nei quaranta anni, che decorsero dalle prime scoperte del filosofo Americano alle ricerche elettro-animali del fisiologo Bolognese.

Non v'ha infatti parte alcuna di essa, la quale non sia stata notevolmente accresciuta, o diciamo meglio, riformata; oltre che parti nuove, e relevantissime, si aggiunsero ad accrescerne il patrimonio. Frattanto (e questo importava assai più) si ordinavano i fatti, a misura che si producevano; e si incominciavano a discutere seriamente le cause dei medesimi. Sicchè le ipotesi, che si vennero escogitando intorno al modo di azione del fluido elettrico, non erano più, come alcune del periodo precedente, concezioni fantastiche, sempre nocive ai progressi delle scienze sperimentali, ma una logica deduzione dei fatti, atte perciò a dare soddisfacente ragione de' medesimi, ad esprimerne le reciproche relazioni, a coordinarli; il che, in una parola, vuol dire utili all'incremento della scienza. E valga il vero. Nei primi trent'anni del secolo passato, a svolgere l'elettricità si usavano i tubi di Gilbert, e solo dopo il 1730 incominciaronsi a costruire le macchine elettriche a globi e cilindri di vetro: nella seconda metà di quel secolo le macchine elettriche mutarono il cilindro di vetro in un disco; si fecero atte a svolgere il doppio fluido separato; e senza perdere di solidità, guadagnarono assai in eleganza e perfezione, per quanto concerne la forma dei conduttori, la disposizione del corpo strofinante, e la natura degli isolatori. — Erasi scoperta negli ultimi anni (1746) la boccia di Leida; ma l'azione sua, quanto singolare, altrettanto era misteriosa. Franklin scuoprì il secreto della *boccia maravigliosa*, della quale si mutò poscia variamente la forma, e se n'accrebbero prodigiosamente gli effetti. — A misurare la tensione del fluido sui corpi elettrizzati usavansi, ed eziandio raramente, fili doppiati semplici, o muniti ai loro capi di due sfericciuole di sambuco. A questi si sostituirono elettrometri sensibilissimi a paglie, a foglie di oro, a torsione di fili; e si resero inoltre fra loro comparabili le indicazioni di elettrometri diversi. — Era la boccia di Leida l'unico istrumento, mercè il quale potevansi amplificare gli effetti dell'elettricità. A questo si aggiunsero i condensatori, i quali raccolgono la elettricità,

quand'essa è appena sensibile, e, quasi moltiplicandola, ne chiariscono la presenza e ne accrescono la intensità dell'azione. — La elettricità, raccolta per strofinamento, in breve tempo sperdevasi dai corpi, sui quali erasi svolta. Con l'elettroforo si provvide a mantenerla costante e per lunghissimo tempo. — Lo strofinamento ed il riscaldamento erano le sole azioni riconosciute capaci di svolgere l'elettricità ne' corpi. A queste s'aggiunsero la percussione, la pressione, l'abrasione; e le chimiche azioni. — Eransi distinti i corpi nelle due grandi classi di idioelettrici ed anelettrici, detti poscia, con miglior ragione, coibenti e conduttori: e i coibenti credevansi elettrizzabili sempre allo stesso modo. Fu dimostrato, che lo stato elettrico d'un medesimo corpo può mutarsi per accidenti diversi. — Sapevasi che i conduttori, purchè isolati, potevano ricevere l'elettricità; ma non erasi punto cercato quale ne fosse il modo di distribuzione. Si dimostrò, che il fluido elettrico si trattiene sulla superficie de' corpi, e quivi acquista un grado di tensione, il quale dipende dalla forma della superficie stessa. — Adoperavansi i corpi idioelettrici come isolatori, ma non s'era investigato l'ufficio de' medesimi nel trattenere la elettricità e sovra se stessi, e sovra i conduttori, cui servivano di isolatori. Si determinarono le condizioni, dalle quali dipende la disperdizione del fluido elettrico; — e si investigò il vario grado di resistenza de' corpi alla penetrazione del medesimo. — Le elettriche atmosfere conoscevasi appena di nome. Fu analizzata l'azione delle medesime: e se ne trassero gli svariatissimi fenomeni, che ora chiamansi di induzione elettro-statica. — Erano già noti alcuni effetti luminosi e calorifici dell'elettricità; notissime poi le attrazioni e ripulsioni prodotte dal fluido elettrico. Furono continuate queste ricerche: e si ritrovarono le leggi dei movimenti elettrici; si studiarono più diffusamente gli effetti meccanici e calorifici sui corpi solidi, liquidi e gassosi, e si discoprirono gli effetti magnetici e chimici, cui dà origine la elettrica scintilla. — Vagamente supposevasi esistere una qualche analogia tra questa ed il

fulmine; ma nulla erasi tentato per verificare il sospetto. Luminosissimi fatti dimostrarono essere il fulmine una grande scintilla atmosferica; si inventarono apparecchi di difesa contro i danni di essa; e si creò un altro nuovo ed importantissimo ramo di scienza: la meteorologia elettrica. — Mancava finalmente una teoria, la quale tutti i fatti conosciuti abbracciando, li ordinasse ad unità di principio: erasi bensì, e con buone ragioni, proposta la distinzione di due fluidi, od almeno modificazioni di un medesimo fluido; ma non seppesi trarne partito. La ipotesi dei due fluidi fu fatta risorgere, e, di nuove forme vestita, fu posta di fronte alla teoria di un fluido solo. E quantunque nè l'una, nè l'altra valgano a spiegare la natura dell'elettrico agente, son tuttavia ancora ai tempi nostri accettate, come sistemi acconci ad ordinare le dottrine elettriche.

A procacciare alla scienza una tanta messe di scoperte, molti fisici concorsero con la efficace opera loro. Il secolo XVII ci ricorda i nomi di Gilbert, dell'Accademia del Cimento, di Ottone di Guericke. La prima metà del secolo XVIII ci diede i lavori di Hawkesbee, di Grey, di Dufay, di Nollet, di Muschembroeck, di Watson, di Boze, di Winkler, di Gordon e di Jallabert. — Ma dopo la scoperta della boccia di Leida, notevolmente s'accrebbe il numero degli elettricisti, i quali, con le loro ricerche, giovarono ai progressi della scienza. Noi ricordammo i lavori di Franklin, di Beccaria, di Canton, di Wilson, di Kinnersley, di Epino, di Wilke, di Symmer, di Cigna, di Bergman, di Priestley, di Barletti, di Saussure, di Coulomb, e di Volta.

Nel dichiarare l'ordine e la filiazione delle scoperte, abbiamo fiducia d'aver giudicato, secondo verità e giustizia, del merito di quanti si adoperarono al progresso della scienza: perocchè niun'altra considerazione ci mosse e guidò, che l'amore della verità.

Che se più diffusamente ci arrestammo ad esaminare le opere del Padre G. B. Beccaria, è qui debito nostro il dichiararne le ragioni. Tra le quali è principalissima questa: che nel periodo di tempo

decorso dal Franklin al Volta, mentre appo noi, pressochè disertate parevano le vie della scienza, egli seppe, nelle fisiche discipline, e soprattutto negli elettrici studi, degnamente rappresentare il genio della patria nostra. Quest'è infatti il concorde giudizio, che di esso portarono gli stranieri, tra i quali basti accennare il Franklin ed il Priestley. Così lo giudicò Giuseppe Grassi, scrivendo che « al Beccaria doveva il Piemonte una parte di quella fama, che gli uomini grandi lasciano morendo alla patria loro ». Così lo giudicò il Fabbroni, di lui dicendo, negli *Elogi di uomini illustri*, che fece prova « d'un talento che, nel secolo il più felice per la fisica, non è toccato in sorte che a due o tre uomini, presi in tutta l'estensione del regno di quella scienza ». E così ancora lo giudica chiunque o riguardi nel Beccaria il ricercatore delle cause de' naturali fenomeni e l'ordinatore della scienza; od esami ni il valore delle opere da esso pubblicate ⁽¹⁾; o consideri la efficacia da lui esercitata sul progresso degli studi nel Torinese ateneo, e sull'incremento della scienza elettrica in Europa; od in fine solamente ricordi gli egregi uomini da esso educati agli studi; tra i quali basti ricordare il Cigna, il Saluzzo, il Gardini, il Morozzo, il Berthollet ed il Lagrangia.

(1) Le due prime opere pubblicate dal Beccaria nel 1753 e nel 1758, cioè lo *Elettricismo artificiale e naturale*, e le *Lettere sull'elettricismo*, furono ristampate in Macerata nel 1793, con l'aggiunta di molte note illustrative.

Il chiarissimo prof. Gherardi, nella sua dotta prefazione alle opere del Galvani, pubblicate nel 1841 per cura dell'Accademia delle scienze dell'Istituto di Bologna, dimostra che editore ed annotatore delle accennate opere del Beccaria fu il prof. Ludovico Patuzzi di Bologna, delle Scuole Pie; e che ad esso pure appartengono le molte lettere poste infine del secondo volume dell'edizione Maceratese.

La grande opera del Beccaria sull'*Elettricismo artificiale*, stampata nel 1772, fu tradotta in lingua inglese, e pubblicata in una sontuosissima edizione *in folio*. Alla stampa di essa vegliò pure lo stesso Franklin, siccome risulta da una sua lettera al Beccaria.

Dell'elettricità animale e dell'elettricità di contatto.— *Prime osservazioni ed esperienze del Galvani sulle contrazioni muscolari della rana prodotte dall'elettricità artificiale e dalla naturale od atmosferica.*— *Scoperta fondamentale del fenomeno delle contrazioni muscolari eccitate dal contatto d'un arco metallico.*— *Teoria del Galvani; fautori ed avversari di essa.*— *Teoria chimica del Fabbroni.*— *Lotta fra il Galvani ed il Volta.*— *Nuove ricerche del Galvani, per le quali fu dimostrata l'esistenza dell'elettricità animale.*— *Nuove esperienze del Volta: teoria del contatto: scoperta della pila.*
Esposizione sommaria dei progressi dell'elettricità, dovuti principalmente alla pila, dal cominciare del secolo XIX ai tempi nostri.

I.

Eccoci arrivati all'ultima parte del nostro lavoro; alla narrazione cioè delle gloriose vicende della scienza elettrica nello scorcio del secolo passato.

I progressi maravigliosi compiutisi dopo la scoperta della boccia di Leida parevano aver condotto agli ultimi suoi confini la parte sperimentale dell'elettricità. Ma nel tempo che s'adoperavano il Coulomb in Francia, il Beccaria ed il Volta in Italia, a ricomporre la scienza elettrica, un uomo di genio, sulle tracce d'un fenomeno fisiologico da lui per la prima volta osservato, lavorava nel silenzio a scoprire un vastissimo campo di scientifiche ricerche tuttavia inesplorato. Era questi il Galvani prof. di anatomia in Bologna ⁽¹⁾.

(1) Luigi Galvani nacque nel 1737 in Bologna, e quivi fu prof. di Anatomia. Dopo la proclamazione della Repubblica Cisalpina, essendosi rifiutato di prestare il giuramento prescritto dal nuovo governo, perdette l'impiego. Onde caduto quasi nell'indigenza, si ritirò presso un suo fratello; e seco lui visse breve tempo. Chè, quantunque il Governo Cisalpino, riguardando al merito di tanto uomo, lo

Soleva egli, per le sue fisiologiche ricerche, sperimentare sovra rane decapitate, e denudate della pelle, e le cui gambe più non erano unite alla parte superiore del corpo che per mezzo dei nervi crurali. Or bene una rana, così preparata, trovavasi sul tavolo della macchina elettrica lungi dal conduttore di questa, e senza alcuna comunicazione con esso. Uno tra gli alunni del Galvani toccò lievemente i nervi della rana con la punta d'uno scalpello, mentre dalla vicina macchina elettrica traevasi una scintilla, e i muscoli della rana si agitarono violentemente e si contrassero. Questo fatto, che fu principio ed origine d'infiniti altri, convinse il Galvani della preconcepita esistenza dell'elettricità nativa animale, e lo condusse alla scoperta dei fenomeni elettro-fisiologici.

Da questo fatto primordiale partì eziandio il Volta per giungere a diversa conclusione. Egli dimostrò che non altrimenti fisiologica era la origine delle contrazioni della rana, ma puramente fisica e prodotta dalle vicendevoli azioni dei corpi in contatto: e da queste ricerche fu condotto alla scoperta del più maraviglioso istromento, che siasi mai escogitato dallo spirito umano.

Di qui ancora la discussione eternamente memorabile, e per ogni parte gloriosa, tra il Galvani ed il Volta; dalla quale s'inaugurò un'era nuova per le scienze naturali luminosa cotanto, che l'istoria di esse niun'altra ne presenta, che la possa emulare, salvo quella del Galileo. Questi infatti stabilì le leggi della scienza dell'universo: il Galvani ed il Volta posero le fondamenta della vita elettro-fisiologica, e dell'azione reciproca degli elementi de'corpi (1).

richiamasse all'antico ufficio, malgrado la persistenza di lui nel non voler prestare il giuramento, egli già affranto dal dolore, morì il 4 dicembre 1798.

Gli scritti del Galvani furono pubblicati nelle memorie dell'Istituto di Bologna, e vennero nel 1841 riuniti in una magnifica collezione per cura dell'Istituto medesimo, che volle così testimoniare al mondo la sua ammirazione per lo scuopritore del *Galvanismo*.

(1) Zantedeschi. *Trattato di fisica*, vol. III, parte I, pag. 210.

Entrambi nella lotta diedero prove di valore splendidissime, degne del genio italiano: entrambi furono vincitori. — Ma così non giudicò la più parte dei dotti, specialmente in principio del secolo attuale. La maggiore evidenza dei risultati ottenuti dal Volta, e la importanza veramente straordinaria dei medesimi, li rese ingiusti verso il Galvani. Invero per poco non si dimenticarono i pazienti lavori del fisiologo Bolognese; si fece credere che al puro caso fosse dovuta la prima osservazione degli accennati fenomeni; e si giunse perfino a dubitare dell'ingegno e della dottrina di quel sommo.

È bensì vero che, morto il Galvani, continuò ad adoperarsi l'Aldini, nel sostenere il principio dell'elettricità *galvanica* od animale, presentando nuovi fatti sperimentali al giudizio delle più rinomate scuole ed accademie d'Europa ⁽¹⁾. — È vero altresì che la Società Italiana di Scienze, sul cominciare del secolo, decretava un premio allo scrittore, che desse un più assennato giudizio tra le due teorie dell'Aldini e del Volta ⁽²⁾. Ma niuno scritto si meritò il premio ch'era stato proposto.

Forse finalmente il Nobili a confortare di belle e decisive sperienze le conclusioni, nelle quali già era venuto il Galvani, di una particolare

(1) Giovanni Aldini, nipote del Galvani, e prof. di fisica nell'Università di Bologna, cominciò a pubblicare, nel 1792, il Commentario del Galvani: « *De viribus electricitatis in motu musculari* » corredandolo di una sua dissertazione. — Pubblicò successivamente le opere e memorie seguenti sul galvanismo:

Joannis Aldini de animalis electricitate dissertationes duae. Bononiae, 1794. — *Memoria intorno all'elettricità animale*, diretta all'ab. Amoretti, inserita negli *Opuscoli scelti*, tom. XVII. Milano, 1794. — Id. lettera al dottor Moscati. *Opuscoli scelti*, tom. XIX. Milano, 1796. Id. al Lacépède, aggiunta alle memorie di Galvani. Bologna, 1797. *Saggio d'esperienze sul galvanismo*. Bologna, 1802. — *Précis succinct des principaux phénomènes du galvanisme* etc. Paris, 1803. — *Précis des expériences galvaniques faites à Londres* etc. Paris, 1803. — *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*. Paris. 1804. — *Memoria sul potere del solo arco animale nelle contrazioni muscolari* ecc. Società italiana. Tom. XIV, parte II. Verona, 1809.

(2) *Memoria della Società italiana delle scienze*. Tom. XII, parte I. — Tom. XIV, parte I 1805, 1807, 1809.

corrente elettrica, svolta dai tessuti nerveo-muscolari della rana: e quindi il Matteucci a dimostrare la esistenza di una *corrente muscolare* distinta dalla *corrente propria* del Nobili (1).

Questi fatti, di una evidenza incontrastabile, a cui poscia altri se ne aggiunsero, per opera eziandio di fisici stranieri, fecero risorgere la dottrina del Galvani. Ed affinchè si potesse rettamente giudicare della importanza dei lavori di questo fisiologo illustre, ed eziandio a pubblico testimonio di ammirazione per esso, l'Istituto di Bologna deliberava, nel 1838, di pubblicarne tutte le opere e i manoscritti, che aveva in parte ereditati dall'Aldini, e in parte ottenuti da altri nipoti del Galvani, e dava incarico al suo Vice Presidente l'egregio prof. Gherardi, di corredarle di opportune illustrazioni (2).

Inoltre lo stesso Istituto, eseguendo la missione commessagli dall'Aldini, decretava, fin dal 1851, un premio alla scrittura, che meglio presentasse la *sperimentale e razionale ricognizione e coordinazione dei più veri e costanti fatti elettro-fisiologici, i quali, sotto la pura e primitiva denominazione di Galvanismo, potevano tuttora comprendersi, aggiungendo all'uopo relative osservazioni ed esperienze, acconcie a rischiarare la questione dell'origine di un'elettricità o intrinseca e propria dell'animale, od estrinseca ossia dall'esterno procedente nel medesimo*. — Del quale premio veniva decorata la memoria presentata dal prof. Geminiano Grimelli di Modena (3).

Nelle opere adunque del Galvani, noi diremo col Gavarret, stanno i veri titoli, che raccomandano alla riconoscenza dei posteri il nome di lui: e vuolsi risalire a quegli autentici documenti, per farsi una

(1) Nobili. *Memorie ed osservazioni* ecc. Firenze, 1836. Pag. 68, 75, 151.

Matteucci. *Essai sur les phénomènes électriques des animaux*. Paris, 1840, parte II, cap. VI. — *Traité des phénomènes électro-physiologiques des animaux*. Paris, 1844.

(2) *Opere editte ed inedite del prof. Luigi Galvani, raccolte e pubblicate per cura dell'Accademia delle scienze dell'Istituto di Bologna*. 1841.

(3) Grimelli. *Memoria sul Galvanismo*. Bologna, 1849.

giusta idea della importanza dei lavori, che formarono, se non l'unica, almeno la principale occupazione della sua vita (1).

E questo noi ci proponiamo di fare nello esame dei fatti relativi al *Galvanismo*, dei quali vuolsi dire che dai più si conoscono bensì alcune particolarità storiche, ma s'ignorano l'origine vera, il nesso e la ragione.

II.

Da un registro degli archivi dell'Accademia di Bologna, sottoscritto dal Canterzani, segretario della medesima, risulta che il Galvani presentò all'Accademia le seguenti memorie: *sull'irritabilità Halleriana*, il 9 aprile 1772. — *Sui movimenti muscolari delle rane*, il 22 aprile 1773. — *Sull'azione dell'oppio sui nervi delle rane*, il 20 gennaio 1774.

Sciaguratamente queste memorie n'andarono perdute: ma alcuni frammenti, che rimasero dell'ultima, chiariscono la importanza delle medesime, dimostrando come fin dal 1774 il Galvani avesse scoperta e studiata l'azione dei narcotici sulla eccitabilità degli animali, oggi divenuta oggetto di accuratissimi studi per i fisiologi (2).

Al postutto il titolo solo di queste memorie basta a dimostrare che le prime ricerche fisiologiche del Galvani più o meno direttamente miravano a determinare l'azione del fluido elettrico nella costituzione e nell'esercizio della sensibilità nervea, e della irritabilità muscolare.

Vuolsi d'altronde ricordare come a quel tempo, in cui prodigiosamente moltiplicavansi le indagini elettriche di ordine puramente

(1) Gavarret. *Études sur les recherches électro-physiologiques de Galvani*. Ann. de chim. et de phys. Serie III, tom. XXV, pag. 58.

(2) Dai manoscritti del Galvani risulta altresì, che egli nel 1778 studiava nelle rane l'azione esercitata sulle contrazioni del cuore dalle irritazioni meccaniche e chimiche dello stomaco, degli intestini, del pericardio, del cuore medesimo, del midollo spinale e dei nervi.

fisico, s'andava pure per opera del Nollet, del Jallabert, del Sanvages, del Mauduyt ecc. e degli italiani Pivati, Verati, Gardini ecc. con varia fortuna sperimentando la elettricità sugli esseri viventi.

Vuolsi ricordare altresì che molti fisici del secolo passato sedotti, direi quasi, dagli effetti fisiologici della boccia di Leida, non che dai grandiosi fenomeni dell'elettricismo naturale, avevano creduto di trovarsi finalmente sulla buona via per discoprire la causa misteriosa dei fenomeni della vita, animale e vegetale — Le quali nuove teorie elettro-fisiologiche, da pochi soltanto ed avvedutissimi uomini guardate con diffidenza, erano state dal più dei fisici accolte e propugnate.

Nè vuolsi dimenticare che nell'ateneo Bolognese, dove il Galvani fu prima discepolo e poscia maestro, il Caldani ed il Laghi, seguendo i principi dell'Haller, dichiaravano l'elettrico fluido, d'ogni altro stimolo, sui tessuti nerveo-muscolari, più efficace, più potente e più rapido (1).

Ad accrescere fede a queste indagini sull'intervento dell'elettricità ne' fenomeni della vita concorsero pur anco, e notevolmente, i portentosi fenomeni osservati in alcuni pesci, quali la torpedine, il ginoto, il siluro, il tetrodon, il trichiuro, già nel secolo precedente accennati dal Godigno, dal Redi e dal Lorenzini (2).

Basta infatti toccare uno di tali pesci con la mano, in due punti diversi, per averne la scossa. Anzi già raccontava il Godigno essersi osservato che; *si inter mortuos pisces vivens torpedo ponatur, et inibi se moveat, eos, quos tetigerit, interno et arcano motu ita cieri, ut vivere videantur*. Di qui la denominazione di *elettrici* data alla torpedine, e agli altri pesci accennati: denominazione giustissima e pienamente

(1) Fabri. *Opuscoli sull'insensibilità ed irritabilità Halleriana*. Bologna, 1757. Parte I, pag. 327; parte II, pag. 338.

(2) *De Abissinorum rebus* ecc. auctore N. Godigno S. I. 1645, pag. 67.

Redi *Experimenta circa res naturales*. 1666.

Lorenzini. *Osservazioni intorno alle torpedini*. 1678.

confermata dalla natura degli effetti fisici, chinici, ed eziandio magnetici, prodotti dalla scarica del loro fluido. Infatti il Walsh traeva la scintilla dal ginnoto, ed egli, il Cavendish, e il Darwin, ne paragonavano la potenza della scarica a quella d'una bottiglia di Leida, o di lastre coibenti armate a massima capacità od a minima tensione (1); mentre lo Spallanzani ed il Girardi ricercavano la struttura e la funzione dell'organo elettrico nelle torpedini (2).

Ancor esso il Galvani s'applicò a ricercare la virtù elettrica delle torpedini, per cui una specie di queste viene oggi dai naturalisti contrassegnata dal suo nome. Trovò egli infatti che la torpedine continuava tuttavia a scuotere, dopo che le erasi tolto il cuore; non così se ad essa tagliavasi il cervello, o soltanto praticavasi in questo una grave lesione. Riconobbe eziandio che se tagliavansi i nervi, che distribuisconsi ad un organo elettrico, più non si aveva da questo la scossa, mentre si otteneva dall'altro organo elettrico e assai distinta.

Si aggiunga ancora che questi fenomeni elettro-fisiologici, non erano esclusivamente propri dei pesci elettrici, ma si cominciavano eziandio a riconoscere negli animali a sangue caldo, producendoli con particolari irritamenti nervei, o per mezzo di confricazioni cutanee, sino a provocarne la scossa e la scintilla. Infatti tra noi il Cotugno, prof. d'anatomia in Napoli, disseccando un piccolo sorcio vivo, non appena ebbe tagliata parte della pelle dell'epigastrio, e toccato con lo scalpello il nervo intercostale, provò nella mano sinistra, con cui teneva l'animale, e in tutto il braccio sino al collo, una fortissima commozione, della quale si risentì per più d'un giorno: onde egli giudicò che ancor esso il sorcio fosse un animale elettrico (3).

(1) *Phil. trans.* 1773, 1734, 1776.

(2) *Opuscoli scelti di Milano*, tom. VI, 1783. — *Memorie della Società italiana delle scienze*, tom. III, 1786.

(3) Lettera del Cotugno al cav. Vivenzio, 2 ottobre 1784. — *Teoria e pratica dell'elettricità medica* di T. Cavallo, Napoli, 1784, pag. 15.

Poco dissimile da questo è il fenomeno riportato dal Nollet di un tale « che preso in grembo un gatto, mentre trattenevasi a strofinargli i peli della schiena, portando un dito alla punta del naso ne trasse una scintilla, e ne ricevè tale scossa nel braccio e in tutta la persona, come se avesse scaricata sopra di sè una boccia di Leida ». — Il quale fenomeno, ripetutamente ottenevano poscia, sebbene in minori proporzioni, il Tonso ed il Vassalli ⁽¹⁾. — Si noti da ultimo che il Vassalli aveva riconosciuto che l'urina, ricevuta in un vaso metallico isolato, dava segni distintissimi di elettricità negativa ⁽²⁾.

Tutto ciò considerando, non è punto a meravigliare, che il Galvani avesse subito quella specie di fascino, che allora esercitava sugli animi lo studio dell'elettricità animale; e che, prima ancora di averne le prove esplicite e positive, già fosse nata nella mente di lui la convinzione dell'identità del fluido nerveo e dell'elettrico, e questi suoi pensamenti dichiarasse nelle pubbliche sue lezioni ⁽³⁾.

Or bene ad un uomo così versato nelle cose anatomiche, e del continuo applicato ad istituire ricerche di chimica organica, ed a sperimentare l'efficacia dell'elettricità sui diversi liquidi dell'economia animale, poteva il fatto delle contrazioni della rana, da lui osservato la prima volta il 6 novembre 1786, riuscire al tutto nuovo? Non è forse avventata la sentenza di coloro, i quali affermano che il caso solo a lui fornì questa prima osservazione, mentre nei manoscritti di lui si parla della rana preparata *alla solita maniera*, e si trovano scritte queste parole: « *occupandomi a studiare la influenza dell'elettricità sui nervi degli animali a me fu dato osservare un fenomeno straordinario e fino ad ora sconosciuto* »? — Non è quindi puerile invenzione

(1) *Memorie fisiche*. Torino, 1789. Sperienze sopra l'elettricità dei topi di casa e dei gatti domestici.

(2) *Teses philos.* ecc. Berthonae, 1790.

(3) Così si esprime il Galvani nel suo *Commentario*: « Guidato dal ragionamento e dall'osservazione, io pel primo ho professato pubblicamente nella mia scuola di anatomia questa opinione, già da tempo manifestata da celebri uomini ».

l'aneddoto del *brodo di rane*, di cui parlano i biografi del Galvani e perfino l'Arago nell'elogio del Volta (1)?

III.

Certo è che la importanza e la originalità del fatto delle contrazioni della rana rivolsero di proposito il Galvani agli studi elettro-fisiologici, da lui poscia continuati per il restante di sua vita. Ned era materia di poco lavoro la determinazione delle condizioni sperimentali dell'azione esercitata a distanza dall'elettricità statica sulle contrazioni muscolari degli animali a sangue freddo, e a sangue caldo, viventi od uccisi da brevissimo tempo.

Riconobbe il Galvani in queste sperienze, che il corpo dell'animale viene attraversato da una corrente elettrica, condotta dal corpo deferente, che unisce le parti della rana. In fatti vedeva cessare le contrazioni col sospendere la rana ad un filo di seta, ed anche col solo interrompere il corpo deferente.

Sperimentando sovra corpi buoni, mediocri e cattivi conduttori dell'elettricità, e variando di essi la forma, la lunghezza, e la disposizione, trovò che le contrazioni muscolari seguivano prossimamente

(1) Ecco la narrazione, che di tale fatto diede il Galvani, nel suo *commentario*.

« Ranam dissecui atque praeparavi, ut in fig. 2., eamque in tabula, omnia mihi alia proponens, in qua erat machina electrica, collocavi, ab ejus conductore penitus scjunctam, atque haud brevi intervallo dissitam. Dum scalpelli cuspidem unus ex iis, qui mihi operam dabant, cruralibus hujus ranae internis nervis casu vel leviter admovcrit, continuo omnes artuum musculi ita contrahi visi sunt, ut in vehementiores incidisse tonicas convulsiones viderentur. Eorum vero alter, qui nobis electricitatem tentantibus praesto erat, animadvertere sibi visus est rem contingere, dum ex conductore machinae scintilla extorqueretur. Rei novitatem ille admiratus, de eadem statim me, alia omnino molientem ac mecum ipso cogitantem, admonuit. Hic ego incredibili sum studio et cupiditate incensus idem experiendi, et quod occultum in re esset in lucem proferendi. Admovi propterea et ipse scalpelli cuspidem uni vel alteri crurali nervo, quo tempore unus ex iis qui aderant acintillam cliceret. Phaenomenon eadem omnino ratione contigit: vehementes contractiones in singulos artuum musculos, perinde ac si tetano praeparatum animal esset correptum, eodem ipso temporis momento inducebantur quo educebantur scintillae ».

la ragione diretta della tensione della scintilla, della sensibilità dell'animale, della lunghezza del conduttore interposto ai nervi ed ai muscoli, e stavano nell'inversa della distanza dal conduttore della macchina elettrica.— A parità di condizioni gli scuotimenti riuscivano maggiori negli animali di fresco uccisi, che non ne' viventi. — Sperimentando con la scintilla della boccia di Leida, dell'elettroforo, con l'elettricità positiva, e con la negativa, ebbe risultati analoghi a quelli ottenuti ne' primi sperimenti. In così fatte ricerche il Galvani impiegò un lavoro di sei anni.

E qui si fanno da taluni le maraviglie, che tanto tempo ei consumasse nello studio di un fenomeno così semplice e già noto a' suoi tempi, poichè in ultima analisi altro non era che un effetto di ciò che comunemente chiamasi il *contraccolpo*, ossia la istantanea ricomposizione del fluido naturale in un conduttore sottoposto all'influenza d'un corpo elettrizzato, allorchè cessa in questo, per effetto della scintilla, lo stato elettrico (1). Di più alcuni scrittori, d'altronde chiarissimi, quasi avessero, come giustamente osserva il Gavarret, penetrato nel pensiero di quel grande, non si fecero carico di accusarlo di ignoranza delle nozioni più elementari di elettricità statica. Or nulla v'ha che possa giustificare un tale appunto. Il Galvani conosceva quant'altri il fenomeno del contraccolpo, di cui parla nelle sue opere e segnatamente in una sua memoria *sull'uso e sull'attività dell'arco conduttore*.— A lui non erano ignote quante scoperte eransi fatte nell'elettricità, e quante

(1) Infatti il corpo della rana, collocato a poca distanza dalla macchina elettrica, e quindi nella sfera di attività della medesima, elettrizzavasi per attuazione, e in questo stato di elettrizzamento durava sino a che trovavasi elettricità libera sul conduttore della macchina. Ma quando questo, traendosi la scintilla, spogliavasi di tutta l'elettricità libera, nel medesimo istante ricomponevasi il fluido nel corpo della rana. Il quale rapido movimento del fluido cagionava una contrazione muscolare nella rana, perciocchè questa conserva per alcun tempo dopo morte la virtù della contrattilità muscolare, la quale si produce per l'azione della scarica. Una rana, di fresco uccisa, è infatti un eccellente elettroscopio: essa accenna le minime quantità di fluido elettrico libero.

teorie eransi immaginate a spiegarle: ciò apparisce da una sua memoria latina, poco diffusa, nella quale riferisce le sue sperienze di luce elettrica nell'aria rarefatta. Ciò risulta altresì a tutta evidenza da che fra le disputate dottrine delle atmosfere elettriche egli addusse osservazioni ed esperienze proprie, relative all'attuazione esercitata simultaneamente da corpi elettrizzati sovra una boccia di Leida, e sovra i tessuti nerveo-muscolari d'una rana di fresco decapitata. Notava egli in fatti una singolarissima corrispondenza tra i fenomeni elettro-fisici dell'una, e gli elettro-fisiologici dell'altra. Perciò collocava una boccia di Leida, ed una rana preparata *alla solita maniera*, presso una macchina elettrica: e nell'atto che traevasi da questa la scintilla, avvertiva prodursi un fiocco luminoso sull'uncino di quella, e le contrazioni ne' muscoli di questa (1).

Tutt'al più potrebbe dirsi che il suo linguaggio si risente un po' soverchiamente delle strane teorie del Nollet: ma forsechè può darsi carico ad un fisiologo d'aver usato locuzioni adottate tuttavia in quel tempo da parecchi fisici? Del resto a giudicare rettamente del Galvani non vuolsi mai dimenticare, che le sue sperienze furono costantemente indirizzate a definire l'azione dell'elettricismo artificiale e naturale sui tessuti nerveo-muscolari, per riconoscere poi la natura del fluido intrinsecamente proprio dei tessuti stessi: per verificare in una parola la idea grandemente vagheggiata dell'identità del fluido nervoso e del fluido elettrico. — Il perchè egli facevasi ad investigare le varie sorgenti dell'elettricismo, così fisiche come fisiologiche: e tra le prime, oltre la ordinaria dell'attrito, specialmente de' corpi vitrei e resinosi, e la singolare del riscaldamento di vari corpi, e in ispecie della tormalina, accennava eziandio la chimica, sino ad intravederla nei fenomeni della combustione e della fermentazione, che invocava

(1) *Collezione delle opere del Galvani ecc.* Rapporto del prof. Gherardi ecc. pag. 7, 18, 26, 71, 88, ecc. — *Opere*, pag. 100, 103, 113, 274, ecc.

Matteucci. *Traité des phénom. électro-physiol.* ecc., parte I, pag. 7.

Grimaldi. *Memoria sul galvanismo*, pag. 16.

altresi a rischiarimento della respirazione e dell'assimilazione organica. In ordine poi alle sorgenti fisiologiche il Galvani indirizzava ognora le sue viste agli organi elettrici delle torpedini, e ai tessuti nerveo-muscolari, sui quali già tante ricerche aveva istituite, per mezzo dei narcotici e delle irritazioni meccaniche e chimiche.

Di qui appunto facevasi egli ad innalzare quello splendido edificio, che oggi ancora convenientemente, e per alcuna parte eziandio giustamente, si denomina *Galvanismo*. I suoi manoscritti, della conoscenza de' quali la scienza, e con essa la patria nostra, son debitrice alla dotta Accademia di Bologna, conservano vivissime le tracce del lavoro compiuto da quella mente sublime.

Nel dicembre del 1780 il Galvani comincia ad ordinare le sue sperienze in una dissertazione intitolata *della natura della forza nervosa, e della sua azione sui muscoli*; nella quale considera soltanto l'elettricità come *un agente proprio ad eccitare la forza nerveo-muscolare*. — Un anno dopo, nel dicembre 1781, tralascia questo primo lavoro, e ne imprende un secondo col titolo: *dell'azione dell'atmosfera elettrica*. L'atmosfera elettrica, egli scrive, urtata, messa in vibrazione dalla scintilla, va ad urtare il nervo, e a mettere in moto *un agente mobilissimo, preesistente nel nervo, e ad eccitare la forza nervosa muscolare*.

Fin qui adunque per il Galvani la elettricità non è ancora altra cosa che *un eccitante*; ma vi si riconosce già meglio delineata, che nel primo abbozzo di memoria. — Finalmente nel gennaio 1782 compone una terza dissertazione con questo titolo significantissimo. *Della forza nervosa e de' suoi rapporti con la elettricità*.

Esitazioni queste, osserva il Gavarret, che dimostrano all'evidenza quanto fortemente preoccupato fosse l'animo suo, e com'egli nel contraccollo non vedesse che un'arma, di cui sperava giovargli per risolvere il gran problema della natura del fluido nervoso. Ciò non ostante da osservatore coscienzioso qual era, benchè vagheggiasse da

lungi la possibilità di verificare la ipotesi sua, non si appaga delle prove, che pur sembrano appoggiarla: egli abbandona tra i suoi manoscritti le tre accennate dissertazioni, che rivelano a caratteri spiccati le diverse trasformazioni della sua idea prima, e limitandosi a mettere gli allievi suoi a parte delle sue speranze, delle ricerche istituite e dei risultati ottenuti, ritorna all'opera con infaticabile perseveranza ⁽¹⁾.

IV.

Il Galvani aveva già dimostrato che la rana era il più sensibile degli elettroscopi: rimaneva a definirsi la origine dei movimenti di essa. Potevano essere questi un semplice effetto dell'azione *d'un elettricità estrinseca* all'animale, che cioè solamente lo agitasse e scuotesse nell'attraversarne i nervi ed i muscoli. Galvani tuttavia persisteva nel credere che l'animale possedesse un'elettricità *propria, intrinseca*, e tutto si diede alla ricerca della medesima.

Esplorate, siccome abbiamo detto, le varie sorgenti artificiali, ei si volse all'elettricità naturale od atmosferica.

Drizzò verticalmente sul tetto della propria casa una sbarra di ferro acuminata. Un filo metallico, che da questa dipartivasi, conduceva nel suo laboratorio l'elettricità ricavata dall'atmosfera; e piegandosi in uncino alla sua estremità attraversava la massa de' muscoli e de' nervi lombari d'una rana preparata *alla solita maniera*. Più d'una volta il Galvani osservò che i muscoli di questa venivano, all'apparire d'un lampo, colti da violente contrazioni; le quali mostravansi talvolta, a tempo semplicemente nuvoloso.

In queste ricerche mostrò egli lo stesso grande amore della scienza, di cui già aveva dato prova nel pazientissimo lavoro degli anni

(1) *Collez. delle opere del Galvani ecc.*, pag. 85, 102, 107, 232, 287, 462. *ecc. Rapporto ecc.*, pag. 23, 102, 106.

Annales de chim. et de phys., tom. XXV, pag. 58 e seg.

precedenti. Chi può leggere la parte dei suoi manoscritti, dove con la semplicità, che gli era naturale, ricorda le sue sperienze sull'elettricità atmosferica, e quella segnatamente del 7 aprile 1786, e non ammirare l'eroismo di quest'uomo, il quale appieno consapevole degli effetti del fulmine, e dell'ufficio de' frankliniani apparati, e non ignaro d'altronde della sciagurata morte del Richmann, non esita tuttavia a presentare il suo dito alla sbarra *isolata*, nel tempo di forti burrasche atmosferiche, e solo, fuori degli occhi di tutti, pone a volontario cimento la propria vita, all'unico fine di arricchire di qualche nuovo fatto la scienza?

Volle quindi il Galvani esplorare l'azione dell'elettricità a cielo sereno. Il 20 settembre 1786, dissecata una rana, e passatole un uncino di rame attraverso il midollo spinale, l'attaccò al parapetto di ferro del terrazzo sovrastante alla propria casa (1). Ma le contrazioni, se pure avvenivano, erano al tutto indiscernibili, in qualsivoglia ora del giorno. Stanco di lunghi ed inutili tentativi s'avvisò il Galvani di premere l'uncino, ch'era di rame, contro il parapetto di ferro, quasi a rendere maggiore fra essi il contatto, e tosto vide contrarsi i muscoli della rana, e rinnovarsi gli scuotimenti ad ogni nuovo contatto dei due metalli. Nè tardò egli ad accorgersi che questi effetti fisiologici non dipendevano punto dallo stato dell'atmosfera, il quale era calmo e sereno (2).

(1) La casa del Galvani è quella di Panfilì-Colonna, poscia Monti, in via S. Felice, N. 96. — Esiste tuttora il terrazzo, che fu il teatro delle glorie del *Galvanismo*, e che il Galvani aveva ridotto a piccolo giardinetto.

(2) «Qua de causa cum interdum vidissem praeeparatas ranas in ferreis cancellis, qui ortum quemdam pensilem nostrae domus circumdabant, collocatas, uncis quoque aereis in spinali medulla instructis, in consuetas contractiones incidisse, non solum folgurante coelo, sed interdum etiam quiescente ac sereno, putavi eas contractiones mutationibus, quae interdum in atmosphaerica electricitate contingunt, ortum ducere. Hinc non sine spe coepi harum mutationum effectus in muscularibus hisce motibus diligenter perquirere, et aliis atque aliis rationibus experiri. Quapropter diversis horis, atque id per multos dies, animalia eadem apposite accommodata inspiciebam: at vix ullus in eorum musculis motus. Vana

Il Galvani inclinò tuttavia a credere, che dei medesimi fosse per avventura cagione un accumulamento di elettricità atmosferica nell'animale, che per mezzo del corpo deferente si sprigionasse. A riconoscere questo suo dubbio rinnovò la sperienza nel suo laboratorio, collocando semplicemente la rana sopra una lamina di ferro a superficie pulita e brillante: e vide riapparire le contrazioni ogni volta che premeva l'uncino di rame contro il piano di ferro. Lo stesso risultato ottenne poscia con altri metalli, e sperimentando in altri luoghi e ad ore diverse del giorno, ogni qualvolta un arco metallico stabiliva una comunicazione diretta fra i nervi ed i museoli crurali, questi violentemente si contraevano.

La osservazione di questi fatti segnava il principio di un nuovo ordine di fenomeni. Le contrazioni muscolari anteriormente osservate dal Galvani erano prodotte da una corrente di fluido elettrico esterno ed indipendente dall'animale. Qui finalmente distintissima palesavasi una *contrazione propria*, indipendente dall'elettricità esteriore, e dovuta senza dubbio all'azione di una forza preesistente nell'animale stesso. « Ciò che aveva osservato, egli dice, mi riempì di maraviglia, e mi fece sospettare la esistenza di un'elettricità inerente all'animale. Io sospettai allora che al momento della contrazione si stabilisse dai nervi ai muscoli una corrente di fluido nervoso, simile alla corrente elettrica della boccia di Leida ». Era insomma una prima dimostrazione di quel principio, a confermare il quale aveva egli, per sei anni continui, tormentato gli animali con inutili ricerche.

Non per questo egli tosto cedeva alle seduzioni delle vagheggiate idee, ben ricordando come facilmente dai sistemi preconceppi siasi

tandem expectatione defatigatus, corpi aereos uncis, quibus spinales medullae ingebantur, adversus ferreos cancellos urgere et comprimere, visurus an hoc artificii genere contractiones musculares excitarentur, et pro vario atmosphaerae et electricitatis statu, an quidquam varietatis et mutationis prae se ferrent: contractiones quidem haud raro observavi; sed nulla ad varium atmosphaerae atque electricitatis statum ratione habita ».

Al. Galvani. *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius.*

tratti in inganno così da vedere ne' risultati degli sperimenti, non ciò che realmente avviene, bensì quello che si vorrebbe avvenisse: e per ciò dichiarava potersi il fenomeno delle contrazioni, provocato dall'arco metallico, spiegare in due diverse maniere; ammettendo cioè che la elettricità, la quale n'era cagione, fosse svolta nel corpo dell'animale, ovvero provenisse dal metallo istesso. Laonde, quasi in apparenza contraddicendo alle proprie convinzioni, intitolava le prime pagine del manoscritto in cui, a cominciare dal 20 settembre 1786, avea raccolti i risultati delle sue ricerche: *esperienze sull'elettricità dei metalli*.

Imprese poscia altra serie di investigazioni, e variamente modificò le condizioni de' nuovi sperimenti. A formare l'arco destinato ad eccitare le contrazioni della rana egli adoperò successivamente un numero grandissimo di materie solide, e liquide, ed anche animali in istato di freschezza. — Tenendo con una mano l'uncino, mentre le gambe delle rane toccavano un piatto d'argento sottostante, osservava che le contrazioni avvenivano ogni volta che, con un metallo nell'altra mano, percuoteva il bacino d'argento; cessavano le contrazioni se uno sperimentatore teneva l'uncino, ed un altro con metallo batteva il piatto d'argento; riapparivano altra volta se i due sperimentatori compivano il circolo, tenendosi vicendevolmente con una mano. E cessavano sostituendo al metallo un cilindro di vetro, oppure di altra qualsivoglia materia coibente.

Da queste ricerche istituite alla villa del nobiluomo Jacopo Zambeccari presso Bologna, e poscia in più svariatisimi modi rinnovato, il Galvani si confermò nella opinione, che la catena deferente era necessaria al trascorrimento del fluido elettrico dell'animale: e stabilì che ogni corpo conduttore per l'elettrico poteva formare un arco efficace. Tuttavia come più operosi, fra tutti i corpi, accennò i metalli, benchè in grado diverso: e secondo questa virtù li classificò in tale ordine, che punto non venne mutato dalle moderne sperienze sulla

conduttricità de' corpi. — Parimenti gli risultò che un arco, interamente od in parte, costituito da corpi non conduttori, non era valido ad eccitare la contrazione nei muscoli: la quale anzi potevasi impedire semplicemente, collocando sui nervi o sui muscoli un indumento isolatore, che non si lasciasse attraversare dall'umidità delle sottoposte parti animali. Finalmente ad escludere il dubbio, che il movimento dei muscoli fosse per avventura cagionato dalla irritazione meccanica dei nervi in contatto dell'arco conduttore, il Galvani immaginò la disposizione dello sperimento, che fu poi adottata dagli elettricisti moderni: quella cioè di far pescare le gambe e i nervi della rana in due distinte capsule di vetro piene d'acqua, e mettere quindi, per mezzo d'un arco metallico, in comunicazione i due liquidi, senza toccare nè i muscoli nè i nervi. Anche in questo caso vide egli che i muscoli si contraevano, sempre che venivasi a chiudere il circuito.

V.

Il Galvani, nelle sue prime sperienze, adoperò un solo metallo a stabilire la comunicazione tra i nervi ed i muscoli della rana. Ma ben presto conobbe, che i deboli scuotimenti in pronte e vigorose contrazioni mutavansi, adoperando un arco formato di due metalli dissimili; s'avvide anzi, che la energia delle contrazioni variava secondo la natura de' metalli, costituenti l'arco di comunicazione. Vide altresì tornare utilissimo, che ampio fosse il contatto de' metalli coi muscoli e co' nervi; onde soleva armare quelli d'una foglia di stagno, e questi d'una foglia d'ottone; e poscia l'una e l'altra toccava con un arco di rame. Riconobbe infine, siccome era poscia confermato ai tempi nostri, la efficacia esercitata sulle contrazioni dall'ordine, in cui erano disposte le armature dei nervi e de' muscoli (1).

(1) « Illud praeterea peculiare atque animadversione dignum languentibus potissimum praeparatorum animalium viribus, circa conductores arcus aut deferentia

Ma al postutto dov'è l'origine e la sede di questa elettricità, i cui fenomeni si manifestano con sì segnalata evidenza? Ecco la questione, che fece a se stesso il Galvani. Ogni corrente, egli dice, ha per iscopo di ristabilire l'equilibrio elettrico, che fu prima turbato. Nel caso nostro pertanto le due elettricità debbono essere libere, e separate in alcun punto del circuito. Ora in questo strano apparecchio, il quale si compone d'un arco metallico, di nervi e di muscoli, dov'è la sorgente del fluido elettrico, e qual è il conduttore del medesimo? Son forse le sostanze animali la parte attiva dell'apparecchio? E l'arco metallico compie qui l'uffizio medesimo, che l'arco eccitatore nella boccia di Leida? Questo fu appunto, siccome già più volte ne occorre di accennare, il pensiero del Galvani. Egli infatti, traducendo in un paragone fisico la propria idea, stabiliva che *il corpo degli animali era una boccia di Leida organica*: e quindi si pose a ricercare le condizioni della medesima, variando in più guise le comunicazioni, e sperimentando eziandio sovra animali viventi. — Determinò infatti la contrazione, applicando direttamente le estremità dell'arco a due punti della superficie muscolare. — Riconobbe che la contrazione manifestavasi, non solamente allorchè chiudevasi il circuito, ma eziandio quando il circuito stesso s'interrompeva: il quale fatto da lui venne attribuito, siccome poi fecero eziandio alcuni fisici moderni, ad un *riflusso di elettricità*. — Il Galvani non limitò le sue sperienze alle rane, ma le estese non solamente a più animali a sangue freddo, ma anche

plana contigit nobis saepissime observare, variam nempe eorum ac multiplicem metallicam substantiam cum ad obtinendas, tum ad augendas contractiones musculares multum posse, et quidem longe magis, quam una eademque metallica substantia etc. *.

De viribus electricitatis etc.

Un fenomeno analogo di contrazioni muscolari, prodotte nel contatto di due metalli diversi, fu osservato in una sperienza eseguita nel 1678, in presenza del Granduca di Toscana, dal celebre anatomista Olandese Swammerdam, e da esso descritta nella sua *Biblia naturae* (V. tom. II, pag. 849). — Ma nulla può far presumere, che l'esperienza di Swammerdam fosse nota al Galvani, il quale fu da altri principi guidato alle sue scoperte.

ai quadrupedi ed agli uccelli. Isolati in essi i nervi lombari, od anche un altro de' nervi principali, là dove s'impianta in un muscolo capace di movimento, e stabilita poseia la comunicazione tra essi ed i muscoli, per via d'un arco metallico, ottenne gli stessi fenomeni presentati dalle rane decapitate. Notò che le contrazioni più non si manifestavano nell'animale, dopo che il circuito era chiuso: ma giustamente suppose, che la circolazione dell'elettrico tuttavia si continuasse attraverso l'arco eccitatore. E studiando accuratamente questo fenomeno, notò come, posta la comunicazione tra i nervi ed i muscoli, bastasse un lieve movimento impresso all'arco metallico, od alle parti dell'animale, ed anche un menomo cangiamento nella estensione o disposizione dei punti di contatto, perchè si rinnovassero le contrazioni. Inoltre con accorgimento maraviglioso rilevò come dal modificarsi di sì fatte condizioni dovesse pur anco dipendere la quantità del fluido elettrico, svolto e messo in circolazione.

Per via di queste indagini il Galvani stabiliva, che la elettricità, onde hanno origine le contrazioni museolari della rana, « non produce si nè per calore, nè per strofinamento, per niuna insomma tra le azioni fin qui conosciute; essa creasi nell'interno dell'animale ed incessantemente: e il contatto dell'arco non serve che a metterla in evidenza. Essa è quel medesimo agente, che s'incontra ne' pesci elettrici: e se questi animali danno la scossa, scaricando i loro organi, mentre che le rane di tanto non sono capaci, ciò vuol piuttosto significare una differenza di quantità, che non una diversità di natura ».

VI.

Malgrado tante e sì varie ricerche, proseguite con ammirabile assiduità e costanza pel corso di undici anni, non potè il Galvani arrivare alla definitiva soluzione sperimentale dell'arduo problema di determinare la origine e la sede dell'elettricità animale. Nè di ciò è

meraviglia, perchè ancora oggidì, noi diremo con le assennate parole del Gavarret, per la delicatezza dei fenomeni e per la poca intensità della sorgente elettrica, una sì fatta impresa, malgrado i segnalati progressi della scienza, presenterebbe enormi difficoltà di esecuzione. All'epoca del Galvani conoscevasi soltanto la elettricità *statica*: egli non aveva a sua disposizione che degli elettroscopi, ed ognuno sa quanto poco giovino questi apparecchi, in tutto che riguarda la elettricità *dinamica*. E tuttavia in questo fatto della *contrazione propria* Galvani aveva scoperto la elettricità *in corrente*, prima di lui, a tutti ignota, e l'aveva riconosciuta e studiata in quella delle sue sorgenti, ch'era la più debole, e al tempo stesso la più incostante.

Stanco impertanto di così lunghi ed inutili sforzi, abbandonò la via sperimentale per darsi in braccio alle ispirazioni del suo genio, e così tradusse il suo pensiero:

« 1. Il muscolo è una boccia di Leida; 2. Il nervo è un semplice conduttore; 3. La elettricità positiva circola dall'interno del muscolo al nervo, e dal nervo al muscolo attraverso l'arco eccitatore ».

Ben sentiva il Galvani quanto di azzardoso e di straordinario si contenesse nell'assimilazione del muscolo ad una boccia di Leida. E perciò egli a lungo su questa proposizione si ferma e, quasi compiacendosene, spesso vi ritorna in più luoghi delle opere sue. Egli non vuole che la si ravvisi come una ipotesi priva di fondamento. Ricorda la distribuzione dell'elettricità sovra la superficie della tormalina, dalla cui particolare struttura, apparentemente diversa alle due estremità, egli ripete il fenomeno della sua polarità elettrica: e se ne fa scala ad ammettere, senza alcuna difficoltà, che un muscolo possa contenere ancor esso i due fluidi elettrici, l'un dall'altro separati. Costituito come esso è da un involuppo di filamenti nervosi, di fascetti cellulari, di fibre proprie e di vasi sanguigni fra loro, in ogni modo e direzione raggruppati, il muscolo sembrò al Galvani, meglio assai della tormalina, acconcio ad accumulare la elettricità positiva sulla

sua parte interiore, e la negativa sull'esterna. — « D'altronde, osserva il Galvani, in qualunque modo ciò avvenga, tale havvi un'apparente identità di cagioni fra le scariche d'una boccia di Leida e le nostre contrazioni muscolari, che non posso cacciar dalla mente questa ipotesi e questo confronto, nè assegnare cause differenti a questi due ordini di fenomeni » (1).

Abbiam detto che queste ricerche hanno costato al Galvani undici anni di non interrotto lavoro. Infatti apparivagli il primo fenomeno elettro-fisiologico nel 1780; — osservava nel 1786 le *contrazioni proprie* della rana; — e solo nel 1791 pubblicava il suo classico lavoro: *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius*. Nel quale premessa un'esposizione istorica e descrittiva dei fenomeni, che era venuto mano mano osservando, si condusse a formulare la sua ipotesi intorno all'elettricità animale. L'opera del Galvani, per chiarezza e per metodo, ammirabile, e per la natura delle questioni trattate, degna di stare a fianco delle maggiori opere scientifiche del secolo XVIII, segna il vero punto di partenza delle ricerche positive intorno all'elettricità animale; che, sollevata dalle congerie di ipotesi gratuite, sotto cui minacciava di rimanere sepolta, trasportavasi per la prima volta nel campo dell'osservazione scrupolosa e spassionata, nel quale avrebbe dovuto continuamente rimanersi.

Laonde l'opera del fisiologo Bolognese, dimenticata per alcun tempo e vinta dai rumorosi trionfi delle dottrine Voltaiche, risorse nella estimazione dei dotti, dopo che le molte ed importanti ricerche, istituitesi nel secolo nostro, vennero a confermare le sue principali scoperte.

VII.

La storia presenta ben pochi esempi di opere, la cui apparizione abbia nei dotti cagionato un'impressione così viva e profonda, come

(1) Gavarret. *Annales de chim. et de phys.*, tom. XXV, pag. 58 e seg.

quella, in essi suscitata dal libro del Galvani. Nuovi, staccati da tutto che erasi fino a quel tempo osservato nell'elettricità, e quindi inaspettati riuscirono i fatti in esso registrati. Fu pertanto maravigliosa e, quasi dissi, febbrile, l'attività con la quale i filosofi d'Europa impre-
sero a ripetere le singolari sperienze, e a discuterne i risultati.

Primi a correre le nuove vie si presentarono i fisiologi: cui furono compagni eziandio que'fisici, i quali, com'essi accettando la teoria del Galvani, speravano di giungere a nuove scoperte; di estendere l'applicazione dell'elettrica corrente alla terapeutica; e fors'anche di risolvere i più ardui problemi della vita. Giovanni e Giorgio Aldini, entrambi nipoti al Galvani, Valli, Muscati, F. Fontana, Vassalli, Giulio, Rossi, Bellingeri, Pignotti, Ackermann, Er, Smuck, Gren, Soemmering, Kielmayer, Behrends, Crève, Fowler, Klein, Hunter: ecco la nobilissima schiera di sperimentatori e di seguaci, ch'ebbe la teoria di Galvani, al suo nascere.

Ma nella Germania appunto e nell'Italia, dove più favorevole, per non dire entusiastica, ebbe l'accoglienza, sorse ben presto altra schiera di avversari. Primi a combattere la teoria di Galvani in Germania furono Reil, e Pfaff: mentre a discuterla e quindi a muoverle guerra già eransi levati in Italia il Fabbroni, e specialmente quel valoroso, cui la vastità della mente, la sagacia dello sperimentare, l'invenzione dell'elettroforo, dell'eudiometro e del condensatore, già avevano dato fama di sommo tra i fisici d'Europa.

Il Fabbroni ravvisò negli scuotimenti della rana un fenomeno fisiologico dovuto ad una chimica azione. A giudizio di lui l'esperienza fondamentale del Galvani riducevasi all'azione di due metalli ossidabili in contatto degli umori animali. Pensò egli che pel contatto avvenisse disossidazione del liquido organico, onde sono imbevuti i nervi ed i muscoli; e conseguente ossidazione de'metalli, combinandosi con essi l'ossigeno libero; e quindi formazione di un nuovo sale metallico per la dissoluzione dell'ossido nel liquido animale; infine svolgimento

di elettrico per le avvenute chimiche reazioni. Onde conchiuse che, senza ricorrere all'ipotesi di una sorgente di elettricità intrinseca e propria dell'organismo, poteva benissimo immaginarsi, che o tutti, od alcuni degli accennati fenomeni operassero come stimolo fisiologico.

In tale sentenza fu condotto il Fabbroni dalla osservazione, per lui fatta, che i metalli, se chimicamente puri, resistevano all'azione dell'ossigeno dell'aria, mentre impuri, già alquanto ossidati, od in lega con altri si ossidavano molto facilmente e rapidamente. Infatti essendo egli direttore del museo e della zecca in Toscana, ebbe agio di riconoscere che le antichissime iscrizioni etrusche, incise sul piombo puro, erano tuttavia intatte, mentre le medaglie dei papi, conservate nella galleria fiorentina, le quali erano formate d'una lega di piombo, d'arsenico e d'antimonio, già s'erano scomposte e ridotte in polvere. Aveva il Fabbroni osservato altresì che il mercurio, lo stagno, il piombo, chimicamente puri, serbavansi inalterati al contatto dell'aria: laddove un'amalgama del primo con lo stagno, una lega di questo col piombo e con altri metalli, assai prontamente si cuoprivano di un velo di ossido. Così pure notava che il rame, in contatto col ferro, mostravasi dopo qualche tempo intaccato da quest'ultimo, e profondamente corrosivo. — Meditando su questi fatti egli deducevane i seguenti principi: *« I metalli, anche i meglio ossidabili, presi allo stato di perfetta purezza, non si combinano che assai difficilmente con l'ossigeno dell'aria o dell'acqua. Ma, per lo contrario, allorquando due metalli inegualmente ossidabili sono in lega tra loro, o semplicemente posti a contatto l'uno dell'altro, il metallo più ossidabile rapidamente si combina con l'ossigeno dell'aria e dell'acqua. — Applicando questi principi, dimostrati nella più evidente maniera dall'osservazione e dall'esperienza, ai fenomeni riconosciuti dal Galvani, suppose egli che i liquidi contenuti nell'organismo degli animali ossidassero l'arco metallico, semplice o composto, formato cioè da uno o da due metalli, o che da siffatta chimica azione dipendesse lo sbilancio e quindi la circolazione del*

fluido elettrico. « *Ai nuovi composti, diss'egli, od ai loro elementi vuolsi attribuire lo stimolo misterioso, che opera i movimenti convulsivi della fibra animale, nella maggior parte almeno dei fenomeni del galvanismo* ».

Queste idee espose il Fabbroni, in una dissertazione presentata, nel 1792, all'Accademia di Firenze, e da lui stesso commentata poscia in Parigi nell'anno 1799 (1).

In questa ipotesi del dotto Fiorentino era il germe di quante dottrine elettro-chimiche si riproposero in seguito dal Crève, dal Nickolson, dal Wollaston, ed intorno alle quali esercitarono lo ingegno gli italiani Brugnatelli, Pacchiani, Marianini, Matteucci, e gli stranieri Grotthuis, Davy, Berzelius, De la Rive, Becquerel e Faraday. — Tuttavia le idee del Fabbroni passarono in quel tempo inosservate: nè sappiamo ben dire se tal sorte immeritata abbiano avuto, o perchè si riputassero soverchiamente azzardate in un tempo, in cui lento era tuttavia l'avanzamento della chimica, oppure (e questa è forse la opinione più probabile) perchè avessero altra colpa d'origine; cioè l'apparizione loro in un tempo, in cui quanti applicavano agli studi elettrici già erano schierati sotto le bandiere del Galvani, o sotto quelle del Volta, che allora appunto sorgeva a dar fiera battaglia alle teorie dell'Accademico di Bologna.

VIII.

Il Volta non appena fu consapevole delle singolari sperienze del Galvani, si diede a tutt'animo a ripeterle: confessando a tutta prima,

(1) *Sur l'action chimique des differents métaux entr'eux à la température commune de l'atmosphère, et sur l'explication de quelques phénomènes galvaniques*. V. *Journal de physique*, 9.^e serie, tom. VI, anno 1799.

Giovanni Fabbroni, illustre scienziato e laborioso scrittore di cose chimiche, fisiche ed agrarie, nacque in Firenze nel 1750, e morì nel 1822. Egli occupò, durante la dominazione francese in Italia, gli uffizi di direttore dei ponti e delle strade, di capo del museo di storia naturale e della Zecca in Toscana. Fu eletto membro dell'Istituto di Francia, ed uno dei commissari per la riforma dei sistemi di pesi e misure.

che a far ciò riducevasi, eccitato dai colleghi dell'Ateneo, ma con poca speranza di buon successo: tanto sorprendenti parevangli que' fenomeni, e se non contrari, superiori così a tutto quello, che di elettricità era noto, che gli avevano del prodigioso e dell'incredibile. Ma poscia che fu « testimonio oculare ed operatore egli stesso de' miracoli già operati dal Galvani », venne nelle stesse conclusioni di lui. « La dissertazione, egli disse, da pochi mesi pubblicata dal dottor Galvani dell'Istituto di Bologna e prof. di quella Università, celebre per altre scoperte anatomiche e fisiologiche, sull'azione dell'elettricità nel moto muscolare, contiene una di quelle grandi e luminose scoperte, che meritano di far epoca negli annali delle scienze fisiche e mediche, non tanto per ciò che ha in se stessa di nuovo, quanto perchè apre un largo campo di ricerche, non meno interessanti, che curiose, e di utilissime applicazioni. L'esistenza d'una vera e propria *elettricità animale*, vale a dire, che eccitasi di per sè negli organi, senza indurvene punto di straniera, cioè di quella già eccitata con qualsiasi artificio in altri corpi; elettricità appartenente a tutti gli animali a sangue freddo e a sangue caldo, che trae origine dall'organizzazione medesima, e dura e si mantiene anche ne' membri recisi, finchè havvi un residuo di forza vitale, e la cui azione si esercita principalmente tra nervi e muscoli, è ciò che viene provato ad evidenza nella terza parte di quest'opera, con molte esperienze ben combinate ed accuratamente descritte ».

« L'arco conduttore, che per un'estremità s'applica ai nervi, e per l'altra ai muscoli della rana, a tutti è noto non poter indurre elettricità alcuna; ma bene aver per ufficio, ed unico, di toglier quella che già esiste, di rimettere in equilibrio il fluido elettrico già sbilanciato, trasportandolo dai luoghi, in cui prevale per quantità o per tensione, a quelli, in cui è deficiente: e appunto per questo si chiama *arco conduttore o scaricatore*. Dobbiamo dunque presumere, che in tale stato di elettricità, ossia di sbilancio del fluido elettrico nelle relative

parti trovinsi naturalmente costituiti cotesti organi dell'animale, se il semplice arco conduttore dà luogo alle sovradette contrazioni del muscolo: che dico presumere? Dobbiamo avere la cosa per certa, cioè, che non altro che il fluido elettrico produce in tali circostanze codesti moti muscolari, e non altrimenti li produce, che trovandosi nell'indicato modo sbilanciato tra parte e parte dell'animale, e venendo dall'arco conduttore portate all'equilibrio ».

In una sola cosa il Volta dissentiva allora dal Galvani, cioè nello stabilire il modo di distribuzione dei due fluidi nel muscolo. Era per entrambi il muscolo una boccia di Leida, ma carica, secondo il Galvani, di elettricità positiva nell'interna armatura, ossia nell'intima sostanza del muscolo, e di elettricità negativa sull'armatura esterna, ossia sulla superficie del muscolo stesso: mentre riteneva il Volta, che in opposta maniera fosse distribuito lo stato elettrico, cioè il positivo alla superficie, ed il negativo nella sostanza muscolare.

Fecesi quindi il Volta a ripetere le sperienze ricordate dal Galvani nella prima e nella seconda parte del suo *Commentario*, quelle cioè da lui intraprese prima del 1786, e relative all'induzione esercitata dall'elettricità estrinseca sul corpo della rana. Dimostrò il Volta che le medesime erano cagionate, siccome aveva pure notato il Galvani, dal contraccolpo; e che perciò erano indipendenti dalla *elettricità animale*. Ammirabile soltanto gli parve in queste sperienze la grande sensibilità della rana, specialmente se preparata alla maniera del Galvani, allo stimolo elettrico, per cui si scuote in tutte le membra al tragittare che fa per essa, massime per la via de' nervi, piccola quantità di fluido elettrico, non atto per anco a scintillare. — Anzi vero elettrometro animale egli chiamò la rana, il quale vince tutti gli altri elettrometri, per quanto sensibili e delicati: giacchè dove parrebbe esser nulla la carica d'una boccia di Leida, anche cimentandola con l'elettroscopio di Bennet, ne apparisce alcun che nella contrazione, ch'essa produce nella rana preparata.

Con le quali osservazioni, non fu pensiero del Volta di menomare in alcun modo il merito del Galvani, nè intese di significare che le sperienze di lui si dovessero tenere in poco o niun conto. « Esse, dice il Volta, sono belle nel loro genere; e quel che è più, lo hanno condotto alla grande, alla maravigliosa scoperta della elettricità animale, nativa e propria degli organi, la quale viene eccellentemente dimostrata nella terza parte dell'opera medesima, e della quale ho cercato di fare quell'elogio, che conveniva e l'ho fatto con la maggiore compiacenza Intanto il pregio di questa terza parte dell'opera del Galvani, contenente l'enunciata insigne scoperta, rimarrebbe sempre intiero ed intatto, quand'anche si tagliassero fuori del tutto le altre parti come inutili, che pur non lo sono, avendo il loro pregio anch'esse » (1).

IX.

A questo primo giudizio sui fenomeni scoperti dal Galvani apportò il Volta delle successive e radicali modificazioni, sino a riconoscere in essi un'origine puramente fisica, anzichè fisiologica, a misura che venne moltiplicando le proprie sperienze, ed analizzando con maggior cura i nuovi fatti e le condizioni meglio acconcie a produrli. S'impegnò allora tra esso ed il Galvani una lotta, la quale per il valore degli antagonisti, per la convenienza delle forme e per la dignità de' modi, da entrambi osservate, per il numero di combattenti nell'un campo e nell'altro, per la sua durata, per la varietà delle fasi subite, e più che tutto per la capitale importanza dei risultati finali va meritamente sovra ogni altra ricordata nei fasti della scienza, e

(1) *Lettera al dottor Giuseppe Baronio sovra l'elettricità animale* del 3 aprile 1792. — *Memoria recitata nell'Aula dell'Università di Pavia il 5 maggio 1792. Collez. opere del Volta*, tom. II, parte I, pag. 3, 13. — *Giornale fisico-medico del Brugnatelli*, tom. II, pag. 147.

ricordata altresì, a buon diritto nella storia della patria nostra, poichè essa diede al mondo civile una luminosissima prova della potenza del genio italiano.

Gli ultimi anni del secolo passato furono pertanto, oltre ogni previsione, fecondi di nuove opere sull'elettricismo. Il Volta espose i risultati delle proprie sperienze in una serie di lettere e di memorie, indirizzate all'ab. Tommaselli di Verona, al fisico Olandese Van-Marum, a Tiberio Cavallo, all'ab. Anton Maria Vassalli, al prof. Gren di Halla, a De la Métherie, al prof. Brugnatelli, a Giuseppe Banks presidente della società R. di Londra, ecc. Agli scritti del Volta rispose il Galvani con una lettera al prof. Carminati, quindi con una dissertazione anonima *sull'uso e sull'attività dell'arco conduttore nelle contrazioni muscolari*, e da ultimo con cinque memorie indirizzate allo Spallanzani.

Nel tempo stesso dai seguaci dell'uno e dell'altro andaronsi escogitando nuove sperienze, le quali somministrarono materia di numerose pubblicazioni. Anzi a far sì che il lavoro individuale riescisse meglio efficace, nell'ateneo di Bologna costituivasi, nel 1793, una società scientifica, capitanata da Giovanni Aldini; e secondata dal solerte sperimentatore Eusebio Valli. — Dal loro canto i colleghi del Volta, Gregorio Fontana, Carminati e Carradori istituivano un'identica associazione nell'ateneo Pavese: ed altrettanto facevasi in Inghilterra, ed eziandio in favore del Volta, per opera specialmente di T. Cavallo. — Non meno calorosa fu la discussione nella dotta Alemagna, dove a brevi intervalli comparvero gli importanti lavori di L. Reinhold, di W. Ritter, del Treviranus, di A. Humboldt e di Pfaff. — Contemporaneamente pubblicavansi in Inghilterra l'opera di T. Fowler sul galvanismo, e in Francia le ricerche sperimentali del Larrey, del Bichat e la dissertazione presentata dal Lehot all'istituto nazionale, intorno agli effetti del galvanismo sul sistema nervoso. — In fine l'Accademia delle scienze di Parigi, scuotendosi dalla indifferenza con la quale

vogliam credere per cagione dei politici rivolgimenti di quel tempo, erasi rimasta puramente spettatrice della lotta scientifica, che allora agitavasi in Italia e in Alemagna, dava incarico ad una commissione di ripetere le sperienze dei fisici italiani e di farne quindi un particolareggiato rapporto (1).

Lunga ancora ne sarebbe la serie, se tutti volessimo enumerare i lavori, che videro la luce a quel tempo. Basti il dire che quanti erano fisiologi, chimici, naturalisti e fisici nella dotta Europa, tutti più o meno attivamente s'impegnarono nella lotta: e riuscendo loro malagevole tanto il conservarsi neutrali, quanto e più il farsi capi di una nuova scuola, finirono per acconciarsi sotto la bandiera dell'uno o dell'altro dei due campioni italiani. — Il perchè se della discussione avvenuta intorno al galvanismo si volessc fare un'analisi particolare, abbisognerebbe una storia affatto speciale per essa. Ma all'indole del nostro lavoro basta e si conviene una esposizione, ordinata il meglio che per noi sia possibile, degli episodi più importanti della medesima: tanto che appaia come sia riuscito il Galvani a porre in salvo la parte più bella delle sue ricerche, e come il Volta abbia nella lotta conquistato un trofeo, per cui rese immortale il suo nome, vogliam dire la Pila, che da esso si intitola.

X.

A comprendere come il Volta siasi condotto ad abbandonare la ipotesi della nativa elettricità animale, e ad ammetterc la esistenza di una estrinseca elettricità artificiale, che suscitata, a suo credere, dal contatto di corpi eterogenei, scorre per gli organi della rana e

(1) Componevano la commissione gli accademici Hallé, Coulomb, Fourcroy, Guyton-Morveau, Charles, Vauquelin, Sabatier e Pelletan. — Alle sperienze della medesima, istituite specialmente da Hallé, assisteva pure A. Humboldt.

quindi li scuote, conviene ricordare la serie dei lavori da esso compiuti a cominciare dall'epoca, in cui verificate le sperienze fondamentali del Galvani, ne istituì una più severa analisi, ricercando la quantità, la qualità ed il modo dell'elettricità nativa degli organi, e confrontandone gli effetti con quelli dell'elettricità artificiale. — Sarà questa (se n'è permesso l'esprimerci in tal modo parlando di tanto uomo) la storia delle ritrattazioni e delle affermazioni del Volta.

Si propose innanzi tutto il Volta di determinare la quantità ossia la forza dell'elettricità propria e nativa degli organi animali. A questo fine cercò di ridurre prima a qualche misura gli effetti dell'elettricità artificiale sugli organi medesimi, determinando il minimo di codesta elettricità necessario a produrre in tale animaletto, vivo o morto, intero o tronco, e in diverse maniere preparato, delle contrazioni muscolari uguali a quelle, che sul medesimo produceva la elettricità animale sua propria. — Queste ricerche gli rivelarono la grandissima sensibilità elettroscopica della rana, e gli dimostrarono altresì la ragione degli scuotimenti di essa, allorchè scaricavasi, a qualche distanza dalla medesima, il conduttore della macchina elettrica (1).

Osservando poscia che presentandosi l'elettricità positiva ai nervi, e la negativa alla esterna superficie de' muscoli, le contrazioni più facilmente e con maggiore vivacità si manifestavano, che non quando l'elettricità procedeva in ordine inverso, argomentò che, volendosi ritenere il paragone fatto dal Galvani dell'elettricità animale con la carica d'una boccia di Leida, si dovesse ammettere la sede del fluido negativo sul nervo ossia nella parte interiore del muscolo, in cui il nervo s'impianta, e quella del fluido positivo sulla faccia esterna del medesimo: così che il trascorrimento del fluido avvenisse dal di fuori al di dentro, e non già dal nervo al muscolo, come supponeva il Galvani (2).

(1) *Collez. opere del Volta*, tom. II, parte I, pag. 38.

(2) *Collez. opere del Volta*, tom. II, parte I, pag. 40.

Vide in seguito che per eccitare le contrazioni muscolari non era assolutamente necessario il procedimento, adoperato dal Galvani, di scuoprire ed isolare i nervi e stabilire poscia, con metalli od altri corpi conduttori, una comunicazione fra essi e i muscoli. Basta, dice egli, mettere a nudo p. es. il nervo ischiatico d'un cane, d'un agnello ecc., e far passare una corrente di fluido tra due parti, anche vicine, di esso, lasciando libera ed intatta la parte restante del nervo e tutta la gamba, perchè si eccitino in questa le maggiori contrazioni: sia adoperando elettricità artificiale, sia eccitando quella inerente al nervo medesimo; coll'applicare cioè una lastra d'argento ad una parte del nervo, ed una lamina di altro metallo, preferibilmente di stagno o di piombo, all'altra parte. — Gli stessi scuotimenti giunse ad ottenere, con quest'ultimo artificio, sovra rettili, uccelli, conigli, cani, agnelli, buoi, ugualmente che sovra parti staccate di essi, sovra un solo muscolo ed anche sovra parti di esso.

Queste sperienze condussero il Volta alla conclusione, che ad eccitare le contrazioni non era punto necessario avvenisse la scarica tra nervo e muscolo, o viceversa; e che quindi inammissibile (almeno negli accennati casi) era il paragone istituito dal Galvani tra il muscolo e la boccia di Leida.

Ottenute le contrazioni nei muscoli di animali diversi senza previo denudamento di nervi, e con la semplice applicazione di armature metalliche ai muscoli svestiti dei loro integumenti, corse tosto al pensiero del Volta che un uguale fenomeno pur si potesse verificare sovra i muscoli dell'uomo: e ad es. sulla lingua, la quale è un muscolo abbastanza nudo, umido, ed obbediente all'impero della volontà. Or bene: applicando alla punta della lingua una lamina di stagno, lucida e netta, e sul mezzo della lingua medesima un oggetto qualsivoglia d'oro, o d'argento, e facendo poscia venire a contatto fra loro i due metalli, n'ebbe il medesimo sapore acidetto, che si fa sentire sulla lingua, presentata al *venticello* di un conduttore elettrizzato. Questo

fatto della semplice sensazione scompagnata da contrazioni e da movimenti in un membro, che pure è tanto mobile ed irritabile, gli mostrò non vera la sentenza del Galvani, da lui pure in principio adottata, che cioè la elettricità stimolasse propriamente i muscoli, ed eccitasse immediatamente la loro irritabilità: e lo confermò vieppiù nel sospetto, natogli già nelle precedenti sperienze, che il fluido elettrico, sbilanciato e posto in circolazione, esercitasse un'azione primaria ed immediata sui nervi; e che i movimenti muscolari fossero soltanto una conseguenza dell'eccitamento di quelli. Infatti, dic'egli, l'irritazione del fluido elettrico nell'accennato sperimento non altro produce che una sensazione di sapore, per ciò che i nervi, i quali finiscono alla punta della lingua, sono semplicemente sensorii e non motori. Onde argomentò che, ad eccitare col mezzo del fluido elettrico i movimenti della lingua, si dovesse applicare una dello armature metalliche presso la radice della medesima, dove s'impiantano i nervi motori. E lo sperimento fatto sulla lingua d'un agnello, appena ucciso, confermò pienamente tali previsioni (1).

(1) *Collez. opere del Volta*, tom. II, parte I, pag. 93, 158 e seg.

L'esperienza del sapore agro, eccitato sulla lingua dall'applicazione sovr'essa di due lamine metalliche, recate poscia a contatto, già era stata fatta ventiquattro anni prima del Volta, cioè nel 1767, dal psicologo Gian Giorgio Sultzer di Winterthur, e da lui descritta nella sua « *Nouvelle théorie des plaisirs* » con le seguenti parole:

« Si l'on joint deux pièces de métal, une de plomb et l'autre d'argent, de manière que les deux bords forment un même plan, et qu'on les approche sur la langue, on sentira quelque goût assez approchant au goût du vitriol de fer; au lieu que chaque pièce à part ne donne aucune trace de ce goût. Il n'est pas probable que, par cette jonction des deux métaux, il arrive quelque solution de l'un ou de l'autre, et que les particules dissoutes s'insinuent dans la langue. Il faut donc conclure que la jonction de ces métaux opère dans l'un ou dans l'autre, ou dans tous les deux, une vibration de leurs particules, et que cette vibration, qui doit nécessairement affecter les nerfs de la langue, y produit le plaisir mentionné ».

Il Sultzer non ebbe adunque neppure il sospetto, che del fatto da lui riconosciuto fosse cagione il fluido elettrico: come poi fu dimostrato dal Volta, il quale al postutto ignorava la esperienza dell'Accademico di Berlino, e solo n'ebbe notizia dal cenno, che ne dieda l'Aldini nella dissertazione unita all'opera di Galvani.

V. *Collez. opere del Volta*, tom. II, parte I, pag. 182.

Ricercando con grande accuratezza le particolarità degli accennati sperimenti il Volta riconobbe, che invertendo la disposizione delle lamine sulla lingua, ossia ponendo sulla punta di essa l'argento e più indietro lo stagno, il sapore, che prima era acido, mutavasi in alcalino, acre, tendente all'amaro. — Or come si può spiegare questa differenza di azione sui nervi sensorii, se non dalla diversa direzione in cui circola nei due casi il fluido elettrico? Come possono questi fatti combinarsi con la supposizione di un'elettricità propria degli organi animali e per rispetto alla quale le armature compiono l'ufficio di un semplice arco conduttore? — E qui il Volta ricordando il fatto delle contrazioni eccitate nei soli nervi e nei soli muscoli con armature di metalli diversi applicate ai medesimi; ricordando altresì la maggiore facilità di ottenere con esse le *convulsioni elettriche* dei nervi coperti, oppure spogliati dei loro involucri, e ne quali la vitalità degli organi già era illanguidita; osservando infine che sempre le contrazioni facevansi più gagliarde, come già notava lo stesso Galvani, componendo l'arco conduttore, tra il nervo ed il muscolo della rana, con due metalli dissimili, anzi che con un solo, foss'anche miglior conduttore degli altri (1); tutto ciò considerando, il Volta stabilì che il più de' fenomeni dal Galvani attribuiti all'elettricità propria degli animali dipendesse da un'azione estrinseca ai medesimi e propria dei metalli eterogenei posti in contatto.

(1) Osservò anzi il Galvani che la varia posizione dei metalli costituenti l'arco conduttore, rendeva più o meno vive le contrazioni. Infatti egli riconobbe specialmente negli animali a sangue caldo, o vivi o da poco uccisi, che applicando l'armatura di foglia d'ottone ai muscoli crurali, e quella di stagno al nervo corrispondente, ne risultavano contrazioni più forti, che non si ottenessero, invertendo l'applicazione dei metalli. Osservò inoltre nella rana già spossata eccitarsi maggiori convulsioni nell'arto il cui nervo fosse armato di zinco o stagno, a fronte dell'arto armato d'oro o d'argento.

V. *Collez. opere del Galvani*, pag. 79, 167, 228 ecc.

Confessa tuttavia il Volta non essere agevole cosa il concepire come e perchè la semplice applicazione di due armature dissimili, cioè di due diversi metalli, a due parti similari della rana o di altro animale, ed anche a due punti vicinissimi d'un muscolo qualunque, turbi l'equilibrio del fluido elettrico, e traendolo dall'inazione lo spinga a circolare da un punto all'altro: e come questa circolazione, la quale s'incomincia non appena è stabilito un arco conduttore fra le due armature eterogenee, si continui fino a che una tale comunicazione sussiste. Ma quantunque non si vegga la ragione di ciò, l'esperienza tuttavia dimostra che ai fenomeni elettrici già conosciuti vuolsi aggiungere ancora questo, per quanto sembri straordinario e difficile a conciliarsi con le leggi comunemente stabilite. È ancor questa, dice il Volta, una nuova legge ben singolare, una legge che propriamente non appartiene all'elettricità animale, bensì all'ordinaria, poichè il flusso elettrico, non altrimenti istantaneo, quale sarebbe la scarica d'una boccia di Leida, ma costante finchè dura il contatto delle armature, sussiste ed ha luogo sia che queste si applichino a sostanze animali, vive o morte, od anche a conduttori non metallici, come l'acqua e i corpi umidi.

A confortare di prove sperimentali la propria ipotesi, il Volta eccitò, col semplice artificio delle armature metalliche eterogenee convenientemente applicate, delle forti contrazioni in tutti i quadrupedi, negli uccelli, nei rettili, ne' pesci, negli anfibi, e riconobbe in generale che quanti animali hanno membra distinte, articolazioni, e muscoli motori, e nervi che ne dirigono l'azione, si risentono e sono colti da contrazioni reali e spasmodiche, sia per piccole scariche elettriche, sia per una debole corrente di fluido generata dal vicendevole contatto de' metalli. — Infine, come la sensazione del sapore, così ottenne quella della luce. Applicando al bulbo dell'occhio una listerella di foglia di stagno, e nella bocca, oppure all'alt'occhio una lastra d'argento, e adducendo poscia al contatto le estremità libere dei due

metalli, vedeva balenare un lampicello, il quale ad ogni contatto si rinnovava.

I risultati di tutte queste sperienze giudicò il Volta successivi effetti del combaciamento de' metalli: nei quali pertanto riconosceva non solamente la virtù della conduttricità per l'elettrico, ma quella altresì di esserne i *motori* ed *eccitatori*, mentre stimava gli organi degli animali meramente *passivi* (1).

XII.

Dal sopradetto si comprende che il Volta invertì la spiegazione del fenomeno delle contrazioni muscolari data dal Galvani. Per quest'ultimo infatti l'arco metallico era un semplice conduttore, la sorgente delle due elettricità era il muscolo, e la corrente diretta dal muscolo al nervo, e dal nervo al muscolo attraverso l'arco, era la causa reale ed immediata della contrazione muscolare. All'opposto, per il Volta l'animale è un semplice conduttore; l'elettricità nasce dal contatto dei metalli eterogenei, e la contrazione muscolare proviene dalla irritazione de' nervi cagionata dal passaggio della corrente.

Sorse allora il Galvani a difendere la propria teoria, dimostrando da prima che la eterogeneità dell'arco metallico, da esso pure riconosciuta efficace a promuovere le contrazioni muscolari, non era tuttavia assolutamente necessaria, per ciò che le contrazioni potevansi promuovere ed ottenere eziandio con un arco omogeneo, parimenti applicato sui tessuti nerveo-muscolari. Infatti comprendendo fra gli estremi d'un arco d'oro, od argento, o di rame, o di stagno, o di altro metallo buon conduttore dell'elettrico, un tratto del solo nervo crurale, oppure lo stesso nervo coi muscoli corrispondenti, avvenivano le solite contrazioni — L'Aldini confermò in seguito questi risultati,

(1) *Collez. opere del Volta*, tom. II, parte I, pag. 89, 97 e seg.; 111 e seg.; 116, 133.

ottenendoli con altri archi omogenei, col mercurio purissimo, ed eziandio col carbone, già riconosciuto dal Volta come eccellente motore ed eccitatore dell'elettrico (1).

Proseguendo le sue ricerche dimostrò il Galvani che anche senza l'opera d'alcun metallo, ma con semplici sostanze umide applicate ai tessuti nerveo-muscolari, potevansi agevolmente promuovere le contrazioni. Facendo pescare separatamente le gambe e i nervi d'una rana in due cassule, di materia coibente, piene d'acqua, e compiendo il circuito con pezzi di carbone, con carte da giuoco inumidite, con porzioni di pelle, o con sostanza muscolare fresca, in una parola con un conduttore qualunque non metallico, sempre manifestavansi le contrazioni al chiudersi del circuito. E da ultimo provò che l'acqua sola basta a stabilire una comunicazione efficace tra i nervi ed i muscoli. — A queste sperienze il Valli ne aggiunse tosto più altre, con cui venne a porre sempre più in evidenza il fatto, che le sostanze umide, quanto meglio interposte ai nervi ed ai muscoli, e quanto più conduttrici dell'elettrico, tanto meglio riuscivano a promuovere gli accennati effetti fisiologici — Tra gli altri modi di sperimentare soleva il Valli applicare sovra adatte parti dei tessuti nervei e muscolari diversi umori, latte, urina, ecc., od anche aspergere le parti stesse di sali, come di nitrato di zinco, o di muriato di manganese, e poscia stabiliva il contatto fra le parti bagnate od inumidite: col quale procedimento sempre gli riusciva di ottenere vive contrazioni (2).

Questi fatti sperimentali condussero il Volta a generalizzare la teoria del contatto, ch'egli aveva a tutta prima circoscritta ai metalli dissimili. « Non mi si opponga, diss'egli, che pur si ottengono i moti della rana, con un arco conduttore d'un solo metallo. Sì, si ottengono

(1) *Collez. opere del Galvani*, pag. 164, 186, 288, 328. — Aldini. *De anim. electric. Dissert.* I.

(2) Galvani. *Opere*, pag. 111, 210, 260, 286, 332. — Valli. *Lettres sur l'électricité animale. Journal de phys.* Paris, 1792, 1793, vol. XLI, XLII. *Annali di chimica*. Pavia, 1795, tom. VII.

(non sempre però) quando l'animaletto è ancora tanto eccitabile, che per un nulla si risente. Ma come assicurarsi che siano perfettamente e in tutto uguali i metalli che s'adoperano? Lo siano pure di nome e nella sostanza: ma le qualità accidentali di durezza, di tempera, di levigamento e lucidezza nella superficie, di calore ecc. possono farli differire abbastanza in ordine all'azione elettrica, al potere cioè di spingere il fluido del corpo umido col quale combaciano, od attrarlo, non altrimenti che simili differenze ed altre circostanze fanno (come è noto già dalle sperienze di Canton, Bergman, Cigna, Beccaria ecc.) che gli stessi metalli ed altri corpi, trovinsi più o meno atti *a dare o ricevere* del fuoco elettrico eccitati con lo stropicciamento » Ed a confermare queste sue asserzioni il Volta immergeva un grosso filo di ferro, o d'argento, o di ottone, pei suoi capi in due bicchieri d'acqua, ne quali pescavano separatamente le gambe e i nervi della rana, e dopo che le prime convulsioni, se pure si manifestavano, erano pienamente cessate, le riattivava col semplice riscaldamento del filo metallico. — Uguali fenomeni otteneva con pezzi di uno stesso metallo diversamente levigati ecc. Laonde conchiuse che sì fatte eterogeneità per quanto lievi, erano tuttavia sufficienti a produrre uno squilibrio elettrico. « Tutta adunque la *magia*, diss'egli, consiste ne'corpi della classe de' metalli, a cui voglionsi aggiungere alcuni carboni vegetali ed animali — Che più resta pertanto di questa elettricità *animale*, che dovrebbeasi piuttosto chiamare *metallica*? Nient'altro, che la prodigiosa eccitabilità dei nervi inservienti alle sensazioni ed ai moti, massime volontari, per lo stimolo del fluido elettrico messo in corrente da cause esterne; che vuol dire una disposizione meramente passiva riguardo ad una elettricità sempre estranea, ossia artificiale; di cui si risentono in qualità, diciam così, di semplici *elettrometri*: come infatti sono elettrometri di una nuova specie, incomparabilmente più sensibili d'ogni altro elettrometro » (1).

(1) *Opere del Volta*, tom. II, parte I, pag. 166, 200, 204, 224.

Ma quando il Volta conobbe i nuovi fatti riconosciuti dal Galvani e dal Valli, delle contrazioni cioè ottenute senza l'applicazione di arco metallico, con sole materie liquide, allora ritornò all'idea, sorta prima d'ogni altra nella sua mente, che lo sbilancio elettrico avvenisse nei punti di contatto fra il metallo ed il liquido; e di questa idea si giovò per dichiarare nel modo più generale ed esteso, la sua teoria del contatto. Invero in due lettere scritte, fin dal 1792, all'abate Tommaselli di Verona, ed al fisico olandese Van-Marum esprimeva la opinione che dal combaciamento dei conduttori umidi, ossia di seconda classe, purchè diversi tra loro, si eccitasse il fluido elettrico, non altrimenti che dal combaciamento de' metalli e de' conduttori della prima classe con quelli umidi. Dalla quale opinione erasi ritratto poscia che aveva visto le contrazioni farsi più vive con archi di metalli dissimili, ed avvenire eziandio con archi di un filo metallico, non mai omogeneo nella sua composizione, struttura, ecc. Or bene: i fatti oppostigli dal Galvani lo persuasero, che anche i conduttori non metallici, i conduttori liquidi o semplicemente umidi (che egli disse conduttori di seconda classe) combinati con metalli, oppure solamente combinati fra loro, erano eccitatori del fluido elettrico, assai meno tuttavia dei metalli. E perciò con lodevole franchezza riconoscendo di essersi ingannato nel credere, che nulla fosse la reciproca azione dei conduttori umidi, rese generale il principio fondamentale della sua teoria: che in ogni combaciamento di conduttori diversi sorge un'azione, che dà mossa più o meno al fluido elettrico: onde essi sono conduttori, e ad un tempo eccitatori od elettromotori (1).

XIII.

Ciononostante sottraevansi dalla dipendenza di questo principio i nuovi fenomeni elettro-fisiologici con instancabile pazienza e con singolare sagacità ritrovati dal Galvani.

(2) *Opere del Volta*, tom. II, parte I, pag. 260, 267.

Preparata una coscia di rana, ed isolatone il nervo, prima separato dal midollo spinale con assai precauzioni ad evitare ogni qualunque meccanica irritazione, il Galvani ne ripiegò la estremità libera sul muscolo della coscia. Era qui escluso ogni conduttore esterno, metallico od umido: v'era il solo e semplice contatto immediato del nervo col muscolo, e tuttavia accaddero le contrazioni al compiersi del circuito. — « Forse mi si obbietterà, dice il Galvani, che havvi ancora eterogeneità nel punto di contatto del nervo col muscolo. Ma in tal caso io domanderei se questa osservazione potrebbesi fare in buona fede, giacchè non sarebbe in fin dei conti altra cosa, che la enunciazione della verità, da me proclamata fin dall'origine di queste ricerche, che la condizione necessaria, indispensabile per la produzione dell'elettricità consiste nella tessitura particolare delle parti animali ».

Questo fatto sperimentale, dimostrato dal Galvani ai suoi colleghi in Bologna nel 1793, e pubblicato sulla metà del 1794, venne tosto riconfermato dall'Aldini, dal Valli, dall'Humboldt e dal Pfaff, e da altri non pochi italiani e stranieri. In seguito con ripetute sperienze, il Galvani dimostrò che un muscolo, intero ed unito al corpo animale, o reciso e separato dal corpo stesso, produce le contrazioni nella rana, se si pone in stretto contatto coi nervi lombari di essa. E poscia aggiunse che si eccitano eziandio le contrazioni della rana, se si lascia semplicemente cadere il nervo lombare della medesima a contatto di tale muscolo scoperto, o soltanto di una parte di esso. — I quali fatti venivano poi dall'Aldini riconosciuti eziandio nei muscoli degli animali a sangue caldo, sostituiti al muscolo della rana ⁽¹⁾.

Uguali risultati ottenne ancora il Galvani disponendo ad arco sul nervo lombare della rana più pezzetti di carne muscolare. — Notò ancora che, se la semplice apposizione del nervo sul muscolo bastava

(1) Galvani. *Opere*. 281 e seg.; 317, 313. — Aldini. *Saggio di sperienze sul galvanismo*. Bologna, 1802, pag. 69, 77.

a compiere il circuito, e quindi a produrre le contrazioni, tuttavia la percossa o l'urto del nervo crurale sui corrispondenti suoi muscoli, o su quelli d'un'altra rana, rendeva più efficace il circuito, e quindi più vive le contrazioni.

Finalmente a dissipare qualunque dubbio intorno all'origine delle contrazioni muscolari il Galvani cercò un mezzo di porre in piena evidenza la elettricità animale negata dal Volta. A questo fine collocò sopra un piano isolante una coscia di rana munita del suo nervo curvato in semicircolo; e postale vicina (senza che tuttavia la tocchi) un'altra coscia preparata alla stessa maniera, lasciò cadere il nervo di questa sul nervo ripiegato della prima. Vede ognuno che nei punti di contatto v'era solamente sostanza nervosa; epperò niuna eterogeneità di materia. Tuttavia nell'atto che chiudevansi il circuito subirono le coscie un'assai forte contrazione.

Con questo sperimento il Galvani riusciva senza più vincitore della lotta: egli accertava il movimento dell'elettricità animale, dimostrando la esistenza di quella corrente, che fu poscia designata dal Nobili col nome di *corrente propria* (1).

Nè qui tuttavia si arrestarono le scoperte del fisiologo Bolognese. Le sperienze sovraccennate egli rinnovò sopra gli animali a sangue caldo. Adattando delle armature metalliche sui nervi isolati e sui muscoli messi a nudo, e stabilendo poscia la comunicazione per mezzo d'un arco metallico otteneva le solite contrazioni. Frattanto in proposito degli archi metallici eterogenei avvertiva che pezzi di foglia metallica, l'uno di stagno, d'ottone l'altro, amli quadrati, ciascuno d'una sola linea di Parigi, cioè contenenti una minima elettricità, eccitavano le contrazioni e queste gagliardissime, egualmente in una gamba di una rana, che in quella di un pollo, di un vitello, di un cavallo, di un uomo. — Più tardi poi tralasciò le armature metalliche, disponendo le parti animali così, che la parte inferiore di esse ed il

(1) Galvani. *Opere*, pag. 315, 420.

nervo pescassero separatamente in due cassule isolanti piene d'acqua. Compiendo il circuito con un arco d'oro o d'argento, senza toccare le parti animali, sempre vide prodursi le contrazioni.

Con l'accennato sperimento dimostrava il Galvani che in tutti gli animali esisteva un'altra corrente, diversa dalla *propria* e diretta dalla estremità inferiore delle membra verso i nervi. — La quale verità per lungo tempo disconosciuta veniva posta finalmente in nuova luce ai tempi nostri, dalle sperienze dell'illustre fisico Matteucci (1).

È dunque oggi la memoria del Galvani meritevolmente restituita in tutta quella estimazione, che mai non gli avrebbe dovuto fallire se nelle ricerche e ne' lavori di questo insigne fisiologo si fossero l'una dall'altra separatamente esaminate la parte speculativa e la sperimentale. Perocchè se inammissibili dovevansi giudicare le opinioni di lui intorno all'identità del fluido nerveo e dell'elettrico, ed inammissibili quindi i principi di fisiologia e di patologia del sistema nervoso, che egli cercava dedurne, altrettanto non poteva dirsi delle sue indagini sperimentali.

(1) Galvani. *Opere*, pag. 74, 97, 151, 165, 200, 237, 294, 305, 365.

Ricordiamo qui un fatto, che sempre meglio dimostra che la lunga lotta sostenuta dai due fisici italiani, se fu memorabile per le conseguenze, ch'essa ebbe rispetto alla scienza, non fu meno istruttiva per la dignità con cui venne condotta. Negli ultimi anni di sua vita il Galvani, vecchio infermo, e affranto nell'animo per le molte traversie patite, ritorna colla mente sull'efficacia della eterogeneità dei metalli, da esso prima riconosciuta, e posta quindi dal Volta come condizione essenziale di svolgimento del fluido elettrico, onde si cagionano poscia i moti della rana; e assai gli duole d'essere in pieno dissaccordo con un fisico tanto chiaro ed illustre: epperò domanda a se stesso se per avventura alla produzione de' fenomeni fisiologici non potrebbero simultaneamente concorrere, e quasi reciprocamente aiutarsi le due elettricità, sorte l'una dall'animale stesso, e l'altra dal contatto dei metalli. « Ho studiato, così egli scriveva allo Spallanzani, questo tema con tutta l'attenzione possibile; ho intrapreso nuove sperienze, meditando lungamente sovra esse, per vedere se mi riuscisse di trovare la ipotesi del Volta così vera, quale sembra a primo aspetto. Ma essa è così poco in armonia con tutte le nostre conoscenze elettriche, e con tutti i risultati forniti dall'esperienza, che io non mi sono potuto decidere ad adottarla, per quanto essa paia verosimile ».

Le quali cose scriveva il Galvani, prima che il Volta avesse scoperto i fatti sui quali fondava poscia la sua teoria della *forza elettromotrice*.

Il Galvani infatti, con esperienze, la cui esattezza è omai fuori d'ogni contestazione, primo scuopriva e dichiarava le leggi di un'elettricità generale e comune a tutti gli animali. La quale scoperta (senza più altre considerazioni, che soccorrono al pensiero di chiunque ponga mente alle vicende della lotta, che egli ebbe a sostenere) basta da sola a porre il suo nome tra quelli del Franklin, del Coulomb, di Epino, del Beccaria e del Volta.

XIV.

Che se diversamente, sul finire del secolo passato, si giudicarono le ultime sperienze del Galvani, non vuolsi già credere che ciò avvenisse per uno spirito di sistematica opposizione ne' suoi avversari; ma piuttosto per la diversità del punto di partenza dei medesimi nel discutere i nuovi fenomeni. Infatti, al compiersi del secolo, fu visto che il fatto delle contrazioni della rana, se aveva condotto il Galvani a riconoscere e dimostrare l'esistenza dell'elettricità animale, aveva guidato altresì, e per opposto cammino, il genio del Volta ad altre scoperte di tale importanza per il progresso della scienza e per le applicazioni della medesima, che quasi fecero dimenticare le meno brillanti ricerche del fisiologo Bolognese.

Già vedemmo come il Volta avesse all'ipotesi fisiologica sostituita un'idea puramente fisica, proclamando il principio che *il contatto di corpi eterogenei era la causa motrice del fluido elettrico*; donde poi avevano origine le contrazioni spasmodiche de' muscoli, le sensazioni di sapore sulla lingua, di chiarore all'occhio, e di bruciore nelle piaghe ecc. Or bene: da quel punto, intralasciato quasi l'esame dei fenomeni galvanici, e tutt'al più servendosi della rana, come d'un sensibilissimo elettroscopio in sussidio del condensatore, si diede il Volta con nuovi ragionamenti e con la ricerca di altri fatti a confermare la propria dottrina.

Accenniamo qui alcune tra le molte sperienze, con le quali il Volta pose in evidenza l'elettricità, che sorge dal mutuo contatto dei conduttori eterogenei, solidi e liquidi.

Con una lastra di zinco, ben pulita e tenuta con la mano, egli toccava il piatto collettore di un elettrometro condensatore, mentre col dito bagnato dell'altra mano poneva il piatto superiore in comunicazione col suolo. Togliendo dopo alcun tempo lo zinco, e sollevando il piatto superiore, le foglioline dell'elettroscopio divergevano, mostrandosi cariche di elettricità negativa. Il che accennava che lo zinco, in contatto con l'ottone, tolse a questo una parte del suo fluido naturale, lasciandolo perciò elettrizzato in meno. — Prendeva poscia dei dischi di metalli differenti, del diametro di 8 a 10 centimetri, e muniti di manubrio isolatore li portava a combaciamento fra loro: li separava quindi, e toccando successivamente con ciascun di essi la sfera metallica dell'elettroscopio di Bennet, notava ad ogni volta una sensibile divergenza nelle foglioline d'oro: onde appariva lo stato elettrico dei due dischi, il quale era positivo nell'uno, o negativo nell'altro. — Più evidenti gli riuscivano gli indizi elettrici, se faceva comunicare uno dei due dischi col suolo: perciò allora compivano essi quasi l'ufficio di condensatore. — Meglio ancora riuscivano gli sperimenti se mentre uno dei dischi comunicava col suolo, toccavasi con l'altro il piatto collettore dell'elettrometro.

Istituendo molte ricerche comparative riconobbe il Volta che non tutti i metalli, posti a combaciamento, sono in ugual grado *elettromotori*. Così vide che nel contatto dello stagno con l'argento il primo manifestavasi elettrico *in più*, il secondo *in meno*. Nel contatto poi dello stagno con lo zinco quello elettrizzavasi *in meno* e questo *in più*. Per mezzo di analoghi confronti egli ordinò i metalli secondo la rispettiva loro facoltà elettromotrice, cominciando dal più elettro-positivo. Sicchè nella serie seguente: zinco - stagno - mercurio - piombo - ferro - rame - argento - oro - carbone, ciascuno dei corpi in

essa accennati è elettro-positivo rispetto a quelli che lo seguono, ed elettro-negativo riguardo a quelli che precedono: il che torna nel dire che ognun d'essi si elettrizza in più a contatto dei susseguenti, e si elettrizza in meno a contatto dei precedenti. — Osservò poi che tanto maggiore è lo sbilancio elettrico, quanto più distanti nella serie sono i metalli adoperati ⁽¹⁾.

A dimostrare che svolgevasi pure elettricità dal contatto di conduttori solidi, o secchi, con umidi, il Volta applicava un disco di metallo, munito di manico isolante, a pelli od a carta umida, a mattoni o ad altre pietre porose imbevute d'acqua. Sollevando poscia il disco metallico e portandolo in contatto del collettore annesso allo elettrometro, e ripetendo più volte questo contatto, riconosceva che il disco, di qualsivoglia metallo si fosse, d'argento, d'ottone, di zinco ecc., sempre elettrizzavasi in meno. — Notava inoltre che assai debolo risultava l'azione elettrica dell'acqua pura, o quasi pura, o salata e in generale dei liquidi, in contatto dei metalli. Eccettuava tuttavia alcuni acidi e liquori alcalini e salini, i quali in contatto di metalli manifestavano una forza elettromotrice maggiore di quella, che insorgesse tra due metalli ⁽²⁾.

Finalmente a riconoscere come anche dal semplice contatto di corpi umidi si ottenesse svolgimento di elettricità il Volta poneva a combaciamento dei dischi di legno, di carbone, ecc. imbevuti di conduttori umidi. Ma sperimentandoli al condensatore li trovò assai meno elettromotori, di quanto fossero i conduttori secchi a contatto di umidi, i quali già a loro volta esercitavano, come abbiain visto, un'azione debolissima in confronto di quella risultante dal contatto di corpi solidi ⁽³⁾.

(1) Volta. *Opere*. Tom. II, parte II, pag. 52, 52, 70, 173, ecc.

(2) Volta. *Opere*. Tom. II, parte II, pag. 63, 65, 192, ecc.

(3) Volta. *Opere*. Tom. II, parte II, pag. 63.

Il perchè il Volta classificò i corpi in *buoni conduttori ed elettromotori* ed in *buoni conduttori e cattivi elettromotori*: comprendendo nella prima classe i solidi e i corpi secchi, e nella seconda i liquidi e i corpi umidi.

XV.

Con tre distinte maniere di combinazioni di corpi potevasi dunque ottenere uno squilibrio nell'elettricità naturale dei corpi medesimi: cioè stabilendo il contatto fra secco e secco; fra secco ed umido; fra umido ed umido.

A queste scoperte il Volta ne aggiunse un'altra non meno importante, che si riferisce al modo di mettere in circolazione permanente il fluido svolto dal contatto.

Riducendosi egli a sperimentare più specialmente sul contatto dei metalli, siccome quello da cui proveniva un maggiore squilibrio elettrico, osservò che talvolta il condensatore, non dava punto indizi di elettrizzamento dei medesimi. Avveniva un tale fenomeno allora che si sovrapponevano, od anche, per evitare ogni stropicciamento o pressione, si saldavano insieme due lastre di zinco e di rame, e tenendo questa sulla mano, presentavasi l'altra di zinco al disco collettore dell'elettrometro, ch'era di rame. Or come ciò? Mentre evidentissimi appajono i segni elettrici, in più sullo zinco, in meno sul rame allorchè, le due lastre essendo semplicemente sovrapposte, l'una dall'altra si disgiungono. Il Volta spiegò questo fatto osservando che lo zinco trovavasi fra due contatti di rame, epperchè fra due azioni elettromotrici opposte, le quali dovevano quindi mutuamente elidersi.— Pensò allora che se fra lo zinco ed il piatto collettore avesse interposto un corpo umido, p. es. una carta bagnata con acqua salata, avrebbe impedito il contatto, che paralizzava i segni elettrici, e frattanto avrebbe reso facile il passaggio dell'elettricità dall'uno all'altro

metallo. Lo sperimento infatti confermò le sue previsioni, perciocchè con tale artificio riapparivano gli indizi elettrici nel condensatore.

Di qui trasse la maniera di stabilire la circolazione del fluido elettrico, sbilanciato dal contatto, in una corrente continua. A ciò riusciva con tre distinte combinazioni: 1.º col contatto di due conduttori di prima classe eterogenei, i quali, toccandosi immediatamente da una parte, comunicassero dall'altra per mezzo di uno o più conduttori umidi, ossia di seconda classe; 2.º con un solo metallo frapposto a due conduttori umidi, tra loro diversi, e comunicanti; 3.º finalmente con tre conduttori umidi diversi (1).

Ecco dunque nel contatto de' corpi eterogenei una nuova sorgente di elettricità, debolissima è vero, ma facile ad ottenersi e sempre costante e regolare: ed ecco altresì ritrovati più modi di mettere questo fluido in movimento continuo. Non potrebbe ora rendere più copioso questo fluido, e moltiplicare, direi, la sua piccola forza? Non potrebbero anzi queste forze, ora sì deboli, perchè isolate, riunirsi e per ciò rendersi più operose e potenti? È in questo concepimento e nel modo di attuarlo che meglio rifulse il genio del nostro grande Italiano: ed è a questo pensiero di lui che debbono le scienze quel potentissimo apparecchio, che è la pila.

Due metalli eterogenei, così ragionò il Volta, posti a contatto si costituiscono in uno stato elettrico opposto. Che se ai medesimi si sovrappongono altre coppie simili, e nel medesimo ordine, si potranno accumulare i loro effetti rispettivi: ma per ciò bisognerà evitare di mettere in contatto immediato le diverse coppie metalliche: perchè altrimenti si troverebbe ciascun disco di zinco fra due dischi di rame; e ciascun disco di rame fra due altri di zinco: quindi l'effetto di ciascuna coppia sarà distrutto dall'effetto contrario ed uguale della coppia seguente. Tuttavia perchè le forze individuali di ciascuna coppia si possano aggiungere ed accumulare, uopo è che le coppie comunichino

(1) Volta. *Opere*. Tom. II, parte II, pag. 42.

fra loro per mezzo d'un conduttore, che dia libero passaggio al fluido elettrico. Questo conduttore sia l'acqua, o meglio una soluzione salina: dappoichè questa classe di corpi è atta a condurre l'elettrico, e non ha il potere di svolgerlo pel suo contatto coi metalli, od almeno l'ha così debole, comparativamente ai metalli, da potersi trascurare. Si frapponga pertanto alle singole coppie un conduttore liquido, si stabilirà per tal modo fra essi la comunicazione neccessaria, perchè tutte le elettricità vengano *raccolte*, senza che questa comunicazione neutralizzi o distrugga i principi elettrici, che il contatto di metalli eterogenei svolge sovra ciascuna coppia.

Il fatto provò l'esattezza di questo ragionamento. Misurata dapprima esattamente la tensione elettrica, prodotta dal contatto di due dischi di zinco e d'argento, otteneva il Volta una tensione doppia, tripla, quadrupla ecc. sovrapponendo alla prima una, due, tre ecc. coppie simili dei due accennati metalli, separate l'una dall'altra con rotelle di carta bagnata. Così la prima *coppia elettromotrice* già creata fin dall'estate del 1796, mutavasi in un elettromotore composto. « Quest'è il gran passo da me fatto, dice il Volta, sulla fine dell'anno 1799: passo, che mi ha condotto ben tosto alla costruzione del nuovo apparato scuotente; il quale ha cagionato tanto stupore a tutti i fisici; a me grande soddisfazione, ma stupore non molto dopo l'anzidetta scoperta, che mi prometteva bene un tal successo » (1).

Per quattro anni continui egli aveva meditato in silenzio nel suo ritiro di Como. Finalmente egli afferrò l'idea, che nell'addizione delle coppie sarebbesi accresciuta la tensione del fluido elettrico: e la *pila fu creata*. Il giorno 20 marzo 1800 il Volta annunciava al Presidente della Società R. di Londra la invenzione dell'*organo elettrico artificiale* con le seguenti parole: « . . . un apparecchio il quale per gli effetti, ossia per le commozioni, che fa provar nelle braccia, rassomiglia alla

(1) Volta. *Opere* Tom. II. parte II. pag. 187.

boccia di Leida, e meglio ancora alle batterie debolmente cariche, ma operanti del continuo, ossia ricaricantisi tostamente e di per sé dopo l'esplosione; ma che d'altronde essenzialmente ne differisce e per l'azione continua che gli è propria, e perchè in vece di consistere, come la boccia di Leida e le batterie ordinarie, in una o più lastre di materie isolanti, le sole ritenute come elettriche, armate di conduttori ossia di corpi anelettrici, è composto unicamente di questi ultimi corpi, scelti anzi fra i meglio conduttori, e per ciò i più lontani, per quanto si è finora creduto, dalla natura elettrica. Si l'apparecchio di cui vi parlo, e che sarà a voi sicuramente cagione di meraviglia, non è che una riunione di un numero di buoni conduttori eterogenei disposti in data maniera, 30, 40, 60 dischi, o più di rame, o meglio d'argento, applicati ciascuno a un disco di stagno, oppure, il che è assai meglio, di zinco, e un numero uguale di strati d'acqua o di altro liquido meglio conduttore dell'acqua semplice, come l'acqua salata ecc, ovvero pezzi di cartone, di pelle ecc, bene imbevuti di questi umori. Questi strati interposti ad ogni coppia o combinazione di due metalli differenti, questa serie alternativa, e sempre nel medesimo ordine, di tre specie di conduttori, ecco quanto compone il mio nuovo strumento. Il quale imita, come già dissi, gli effetti della boccia di Leida e delle batterie, dando le medesime commozioni che queste, restandone tuttavia al disotto quanto a forza e strepito di esplosione, a scintilla, a distanza della scarica ecc. ma superandone d'altronde infinitamente il potere e la virtù in ciò, che non abbisogna, com'esse di venir prima caricato con un'elettricità straniera, ed in ciò, che è capace di dare la commozione, ogni volta che sia convenevolmente toccato, per quanto frequentemente ciò accada ».

« Quest'apparecchio più somigliante in se stesso, ed anco per la forma, all'organo elettrico naturale della torpedine e del ginnoto, che non alle bocce di Leida ed alle batterie, io lo vorrei chiamare *organo elettrico artificiale* ».

« A costruirlo io mi provvedo di alcune dozzine di dischi di rame, d'ottone, o meglio d'argento, di un pollice di diametro all'incirca (p. es. delle monete) e d'un numero uguale di lastre di stagno, oppure, il che è assai meglio, di zinco, e prossimamente d'ugual figura e grandezza. Preparo inoltre un numero abbastanza grande di rotelle di cartone, di pelle, o d'altra qualsivoglia materia porosa, capace d'imbeversi d'acqua e di ritenerla. — Tuttociò preparato a dovere, io pongo sopra un piano orizzontale uno dei dischi metallici, p. es. l'argento, e su questo ne addatto un secondo di zinco: colloco su questo una delle rotelle bagnate nell'acqua salata; e poi un altro disco d'argento, seguito da un altro di zinco, al quale fo succedere ancora una rotella bagnata. E così continuo sempre nel medesimo ordine e formo una *colonna*, alta quanto può farsi senza che cada ».

« Con 20 di queste coppie metalliche l'apparecchio non solo dà seguiti elettrici di 10 o 15.^e all'elettrometro condensatore, ma lo carica per semplice contatto al punto di fargli dare la scintilla, ed eziandio di scuotere, toccandone le estemità; quasi fosse una hoccia di Leida con debole carica, ovvero una torpedine già stremata di forze ».

Ritornando poscia alla costruzione del suo apparecchio accenna che più altre forme gli si possono dare; tra le quali descrive quella a *corona di tazze*.

Si disponga, dic'egli, una serie di coppe o di bicchieri, pieni sino a metà, d'acqua salata; e si facciano tra loro comunicare per mezzo di archi metallici, i cui due bracci siano p. es. l'uno d'argento e l'altro di zinco, saldati insieme, e posti a cavalcioni dei bicchieri, e sempre nello stesso ordine, così che in ciascun bicchiere peschi una lastra di zinco d'un arco metallico, ed una d'argento dell'arco successivo, in modo che non si tocchino. — Si avrà così un apparecchio, per la forma differentissimo dal precedente, ed anche più voluminoso, ma di più facile esecuzione, ed eziandio di maggior costanza di effetti.

Porge in seguito il Volta alcuni ragguagli intorno alle sensazioni, che la corrente, per tal modo ottenuta, produce sugli organi della vista, del tatto, dell'udito e del gusto; ed accenna le precauzioni a prendersi per dare la scossa elettrica a più persone formanti la catena. Poscia così conchiude la sua lettera: « Tutti i fatti fin qui riferiti in ordine all'azione esercitata sulle diverse parti del corpo dalla corrente di fluido elettrico eccitato e mosso dal mio apparecchio, tutti questi fatti ed altri più numerosi, che ancora si scuopriranno, col moltiplicarsi le sperienze, aprono un campo abbastanza vasto di riflessioni e di idee non solamente curiose, ma importanti in particolar modo per la medicina: e troveranno in esse di che occuparsi l'anatomista, il fisiologo, il pratico » (1).

XVI.

Nè tardarono ad avverarsi le previsioni del fisico Italiano. Anzi egli stesso ed il Brugnatelli furono primi ad accorgersi degli effetti chimici della pila; ad osservare cioè la decomposizione del sal comune e di altri sali disciolti nell'acqua interposta alle coppie, e la ossidazione dello zinco (2).

Vogliamo qui riferire con le stesse parole del Brugnatelli le sperienze da lui istituite sovra i metalli: sperienze poco conosciute e tuttavia bellissime per sè, ed importanti eziandio per ciò, che esse valgono a rivendicare agli italiani la priorità dell'applicazione dell'elettrica corrente alla doratura. « Alloraquando l'ossi-elettrico, egli scrive, è in moto, scioglie alquanto i metalli medesimi, come l'acqua scioglierebbe un sale, e seco li trasporta a considerabile distanza, attraverso molti altri corpi...e li deposita sovra altri metalli di diversa natura in forma di croste saline, ora irregolari ed ora disposte con una

(1) Volta. *Opere*. Tom. II, parte II, pag. 97 e seg.

(2) Volta. *Opere*. Tom. II, parte II, pag. 135.

stupenda regolarità...In molte circostanze l'ossi-elettrico è tanto energico da attenuare la sostanza stessa dei metalli e ridurli ad una finezza estrema, e trasportarli seco attraverso qualunque sostanza permeabile all'ossi-elettrico, senza che perciò il metallo abbia sensibilmente cangiato natura. Di tutti i metalli, l'oro ed il platino sono sempre quelli, che non sembrarono sensibilmente termossidati coll'ossi-elettrico, cimentati, come gli altri metalli, nell'apparecchio elettrico a corona di tazze. Ho ben veduto soventi volte gettarsi l'argento, proveniente da un conduttore di questo metallo, sul platino o sull'oro, e inargentarlo egregiamente, come pure vidi l'oro mercurificarsi, quantunque immerso nell'acqua, e lontano dal mercurio più di sei linee. Ho osservato, in altre analoghe esperienze, zincarsi e ramarsi l'oro e l'argento colla corrente dell'ossi-elettrico, allorchè nella stessa tazza pescavano conduttori d'oro ovvero d'argento, collo zinco e col rame » (1).

Gli sperimenti della pila vennero pure immediatamente ripetuti fuori d'Italia, appena si ebbe notizia del nuovo apparecchio. I primi fogli della lettera, che il Volta indirizzava al Presidente della Società Reale, arrivarono a Londra nei primi giorni d'aprile, e già il 30 dello stesso mese Carlisle e Nicholson avevano ottenuto col nuovo apparecchio uno de' più importanti fenomeni, la decomposizione dell'acqua. Infatti composta con monete d'argento e con dischi di zinco una pila di 17 coppie, posero in comunicazione, per mezzo d'un fil di ferro, le due estremità di essa, col condensatore affine di esplorarne lo stato elettrico. Ma niun indizio di elettrizzamento essendosi ottenuto, sospettò Nicholson che insufficiente ed incompleto fosse il contatto del filo coi dischi della pila: onde pensò di versare sulla lastra superiore, che era di zinco, alcune goccie d'acqua, e di immergere poscia in essa la punta del filo, che metteva comunicazione fra i due poli della pila. Videro essi allora, non appena chiuso il circuito, formarsi

(1) *Annali di chimica e di storia naturale di L. Brugnatelli*. Osservazioni chimiche sovra l'ossi-elettrico, tom. XVIII, pag. 136.

là dove il filo era in contatto con l'acqua, delle bollicine di gaz, che all'odore riconobbero essere di idrogeno; il quale naturalmente doveva provenire dalla scomposizione dell'acqua. — A verificare questo dubbio rinnovarono l'esperienza, interrompendo il circuito, con la introduzione di un tubo pieno d'acqua fra i capi dei due fili metallici. Per ciò riempirono d'acqua di sorgente un tubo della lunghezza di 3 decimetri, e del diametro interno di 15 millimetri; e lo chiusero con tappi di sovero, nei quali introdussero i due fili di rame comunicanti rispettivamente con l'argento e con lo zinco, che formavano le due basi inferiore e superiore della pila. Accostati poscia i due fili entro il tubo, a distanza di cinque centimetri, « una lunga serie di bollicine s'innalzò dalla punta del filo inferiore di rame comunicante col disco d'argento, e la punta opposta del filo metallico, scoloritasi dapprima, si fece poi nera ». Osservarono inoltre che questi effetti scemavano col crescere della distanza dei due fili, e cessavano affatto, portandoli a contatto, oppure a grande distanza.

Il gaz ottenuto era idrogeno; perocchè misto all'aria detonava accostandovi una fiamma. Frattanto l'acqua adoperata nell'esperimento s'era intorbidata, a cagione di filamenti biancastri, i quali, staccandosi dall'estremità del filo superiore, formavano sul fondo del vaso un precipitato verdastro, che era un ossido di rame. L'acqua dunque erasi scomposta e, dei due gaz costituenti la medesima, l'idrogeno erasi svolto a contatto di uno dei fili di rame, e l'ossigeno s'era combinato con l'altro filo e lo aveva ossidato. — Adoperando poscia, in vece del rame, fili di platino e d'oro, metalli non ossidabili, entrambi i componenti dell'acqua si svolgevano in bollicine gassose. Quest'ultima esperienza fu istituita da Nicholson con una pila di 68 coppie; e il volume dei due gaz, separatamente raccolti, fu da esso ritrovato prossimamente uguale a quello necessario per la composizione dell'acqua. — Con la pila ottenne pure Nicholson la decomposizione dei sali metallici. Facendo circolare la corrente, per mezzo di due fili di rame,

nell'acqua acidulata con acido idroclorico, osservava egli « un deposito di rame attorno al filo comunicante con l'argento; il quale deposito formava in capo a quattr'ore, una specie di vegetazione metallica ramificata, di un volume da nove a dieci volte maggiore di quello del filo attorno a cui si raccoglieva » (1).

Identici risultati ottenne, nel mese di luglio dell'anno medesimo, William Cruikshank, al quale Nicholson aveva partecipato l'esito delle sue sperienze. Egli riconobbe che, qualunque fosse la natura del filo conduttore, formavasi un acido libero sul filo comunicante col polo positivo della pila, ed un principio alcalino sul filo del polo negativo. A spiegare il qual fenomeno Cruikshank suppose con molta avvedutezza, che l'idrogeno proveniente dalla decomposizione dell'acqua, e reso libero al polo negativo, si combinasse* con l'azoto dell'aria, formando l'ammoniaca, ossia il principio alcalino, il quale manifestavasi al polo negativo; e suppose altresì che l'ossigeno dell'acqua, il quale si raccoglie al polo positivo, combinandosi con l'azoto dell'aria, formasse l'acido azotico, ossia il principio acido, che risultava al polo positivo della pila. — Egli inoltre verificò con un curiosissimo sperimento la decomposizione dei sali metallici ottenuta da Nicholson. Resa l'acqua acidula versando in essa alquanto di acido acetico, e adoperati per conduttori dei fili d'argento, osservò che questo metallo scioglievasi in parte, ma tosto riappariva allo stato metallico, pel filo negativo, e in forma di pagliette brillanti, sul filo comunicante col polo negativo della pila (2).

Gli sperimenti di Carlisle e di Nicholson furono ripetuti, prima che si compisse l'anno 1800, dai fisici e dai chimici Ritter, Hermstädt, Müller, Pfaff, Simon e specialmente dal chimico inglese H. Davy.

(1) *Bibliot. Britannique*, tom. XV, pag. 44. — Nicholson's *Journal*. Agosto, 1800.

(2) W. Cruikshank. *Some experiments and observations on Galvanic electricity*. July, 1800. — Nicholson's *phil. Journal*, vol. IV, pag. 187 e 254.

XVII.

Frattanto il Volta, accompagnato dal suo collega il prof. Brugnatelli, parte da Pavia nell'autunno del 1800 e va egli stesso a spiegare il suo apparecchio ai dotti d'Europa. A Ginevra ne sperimenta gli effetti dinanzi all'uditorio, che numeroso accorreva alle lezioni dell'illustre fisico Pictet. A Parigi legge alla classe di scienze fisiche e matematiche dell'Istituto Nazionale una sua memoria *sull'identità del fluido elettrico e del galeanico*, nelle tre consecutive sedute del 16, 18 e 20 novembre 1800; e porge al tempo stesso le dimostrazioni sperimentali. — Nella seconda di queste sedute, in presenza del primo Console, che era pur membro del dotto consesso, il Volta mette a prova il suo apparecchio. Istituisce dapprima l'esperienza fondamentale dei due dischi metallici isolati, i quali posti a contatto, e quindi separati, rivelano al condensatore il rispettivo stato elettrico. Poscia con una pila di 80 coppie di zinco e d'argento produce gagliarde commozioni, infiamma un filo di ferro, determina con la scintilla di essa la esplosione della pistola a gaz infiammabile, e finalmente decompone l'acqua.

Napoleone, maravigliato delle cose vedute, propone all'Istituto che venga decretata una medaglia d'oro all'inventore della Pila, e si elegga una commissione la quale ripeta le sperienze del fisico italiano.

Venti giorni dopo quella memorabile seduta, una commissione composta di Laplace, Biot, Coulomb, Monge, Hallé, Fourcroy, Vauquelin, Brisson, Pelletan, Sabatier, Charles e Guyton, esponeva per organo di Biot, in una pregievolissima memoria, la teoria della forza elettromotrice, e ne deduceva la ragione de'fenomeni della pila, e poscia conchiudeva il suo rapporto con le seguenti parole: « In seguito alla domanda fatta da uno de'membri dell'Istituto (il primo Console) e che voi avete inviata alla commissione, noi vi proponiamo di offrire al cittadino Volta la medaglia dell'Istituto, in oro, a testimonio della

soddisfazione della Classe per le belle scoperte, di cui testè arricchiva la teoria dell'elettricità, e come una prova della riconoscenza della medesima, per avergliela comunicate ». Sulla medaglia erano scritte queste parole: A VOLTA, SÉANCE DU 11 FRIMAIRE AN IX (1).

Il guerriero adunque, prima e meglio forse di quanti componevano la dotta assemblea, divinava la importanza del nuovo apparecchio: ed è bello il ricordare come eziandio fra i rumori della battaglia il pensiero di quel Grande tuttavia ritornasse ai fatti del Galvanismo: onde poco dopo la giornata di Marengo, il 26 giugno 1804, scriveva al ministro degli affari interni (Chaptal) ne' termini seguenti: « È mio intendimento, cittadino ministro, di stabilire un premio, consistente in una medaglia di tre mila franchi, per la migliore speranza, che sarà fatta nel corso d'ogni anno sul fluido galvanico. Le memorie relative saranno spedite, prima di settembre, alla classe di scienze fisiche e matematiche dell'Istituto Nazionale, cui spetterà l'aggiudicazione del premio all'autore dell'esperienza riconosciuta più utile al progresso della scienza. »

(1) *Mémoires de l'Institut national*, tom. V. Rapport du citoyen Biot sur les expériences de Volta. — *Annales de chimie*, tom. XLI, pag. 3.

Ricordando questi fatti, così parla Arago nel suo elogio storico del Volta: « Le professeur de Pavie était devenu pour Napoléon le type du génie. Aussi le vit-on, coup sur coup, décoré des croix de la Légion d'honneur et de la Couronne de fer; nommé membre de la consulte italienne; élevé à la dignité de comte et à celle de sénateur du royaume Lombard. Quand l'Institut italien se présentait au palais, si Volta, par hasard, ne se trouvait pas sur les premiers rangs, les brusques questions: « Où est Volta? Serait-il malade? Pourquoi n'est-il pas venu? » Montraient, avec trop d'évidence peut-être, qu'aux yeux du souverain les autres membres, malgré tout leur savoir, n'étaient que de simples satellites de l'inventeur de la pile.

« Je ne saurais consentir, disait Napoléon en 1804, à la retraite de Volta. Si ses fonctions de professeur le fatiguent, il faut les réduire. Qu'il n'ait, si l'on veut, qu'une légion à faire par an; mais l'université de Pavie serait frappée au cœur le jour où je permettrai qu'un nom si illustre disparut de la liste de ses membres; d'ailleurs, ajoutait-il, un bon général doit mourir au champ d'honneur ».

V. Arago. *Notices biographiques*, tom. I, pag. 234.

« Desidero di dare a titolo di incoraggiamento, una somma di sessanta mila franchi a colui, che con le proprie sperienze e scoperte farà avanzare l'elettricità e il galvanismo, come fecero per queste Franklin e Volta; e ciò a giudizio della Classe. »

« Gli stranieri di tutte le nazioni saranno ugualmente ammessi al concorso. »

« Vi prego di far conoscere tali disposizioni al presidente della prima classe dell'Istituto nazionale, perchè questa svolga le accennate idee in quel modo, che le parrà più conveniente; mio scopo speciale essendo quello di incoraggiare e di fermare l'attenzione dei dotti su questa parte della fisica, la quale, a mio avviso, deve condurre a grandi scoperte ».

Il concorso venne tosto intimato, ma il maggior premio non venne mai accordato. Tuttavia non fu vano l'appello fatto dal Bonaparte ai fisici del secolo XIX. Giovò anzi ad accrescere vieppiù l'attività, con la quale già andavansi, in ogni parte del mondo civile, ricercando i fenomeni della pila, che presentivasi generalmente dover essere una miniera di scoperte, di cui appena erasi cominciata la esplorazione.

Laonde pochi anni bastarono, perchè la corrente eccitata dalla pila diventasse, quanto a forza, emulatrice del fulmine, e quanto all'importanza ed al numero delle pratiche applicazioni, superiore a qualsivoglia delle creazioni, onde maggiormente si onorino l'arte e la scienza dei tempi moderni. Essa infatti è sorgente di un calore sì intenso, che il ferro ed il platino, la silice e l'istesso diamante riduce a subitanea fusione. — Da essa dimana una luce così viva e costante, che niun'altra può esserle rivale, eccettuata la luce del sole. — Questa corrente, che ora è luce, altra volta calore, con uguale facilità si trasduce in forza motrice, la quale presenta, sui motori ordinari, il vantaggio d'essere uniforme ed automatica così, che neppure abbisogna d'essere sorvegliata e diretta. — Come il fulmine, l'elettrico della pila induce il magnetismo nel ferro e nell'acciaio, e viene a sua

volta suscitato dalle calamite, ch'essa crea. — Decompone i corpi, che attraversa, anche i più resistenti ai mezzi consueti dell'analisi chimica: e per una singolare trasmutazione della propria virtù, serve eziandio alla ricomposizione dei corpi medesimi. E in queste operazioni essa è delicata così, che sciolti l'oro, l'argento, il rame ecc. dalle sostanze cui erano uniti, dopo averli in sottilissima polvere divisi, li depone sovr'altri metalli, e dà loro tal finezza di splendore e tenacità di adesione, che non può essere uguagliata dall'arte. — Che più? Come il fulmine si slancia ne' campi dell'aria con prodigiosa velocità, così il fluido elettrico, se condotto per entro a fili metallici, corre silenzioso ma non meno veloce; e per monti, per valli e per mari trasporta l'azione sua, non scemata quasi d'intensità dalle enormi distanze e dai molti ostacoli superati. Ed ecco, grazie alla pila del Volta, la superficie della terra divenuta oramai somigliante a una rete metallica, per entro alla quale, rapido come il baleno, circola il fluido elettrico, fedelissimo messaggero dello spirito umano. — Nè qui s'arresta l'opera dell'elettrico fluido. Come il fulmine atterra gli animali e li uccide, così scuote ancor essa la corrente voltaica; e di tali commozioni la medicina si giova specialmente a riattivare la ginnastica de' nervi e de' muscoli resi inerti da paralisi. Nè la elettricità scuote soltanto i nervi e le fibre dell'organismo: essa affronta, e per poco non risolve il più arduo problema dell'universo, la vita; per ciò che risveglia le azioni organiche nel cadavere stesso degli animali.

Pertanto fra quante sono le invenzioni moderne, la pila merita incontestabilmente il primo posto, e per la singolare varietà degli effetti, e soprattutto per la continuità e la potenza di sua azione. I telescopi, la bussola, le macchine a vapore ecc. compiono in generale un ufficio rilevantissimo, ma unico e speciale: la pila racchiude in se stessa un agente luminoso, calorifico, meccanico, chimico, fisiologico: donde la universalità delle sue applicazioni. Ma ciò che è più ammirabile, questa forza proteiforme, dell'apparato voltaico, debolissima e

quasi impercettibile nella sua origine, può accumularsi ed ingagliardirsi per sì fatta maniera, che diventa capace di effetti, la intensità de' quali oltrepassa di molto gli effetti analoghi, che si possono con altri mezzi ottenere.

E per ciò appunto che essa è la più originale e maravigliosa delle invenzioni, doveva la pila scaturire dal genio e dalla immaginazione creatrice degli italiani.

Ma non dimentichiamo altresì che essa riconosce la origine prima da un fatto, il quale studiato sotto un diverso punto di vista guidava un altro grande Italiano alla scoperta di una nuova scienza, la elettro-fisiologia animale.

Che se il Galvani ed il Volta, entrambi inclinati ad ammettere la simultaneità dell'azione fisiologica e della fisica, ossia la elettricità animale e la elettricità di contatto, non accolsero poscia tutta intiera questa verità, che aveva per un istante balenato splendidissima alle loro menti, vale al postutto a scolparli ed abbondevolissimamente (se pur vi fu colpa) l'essere i due competitori, per opposto cammino, giunti a tali scoperte, onde la gloria dell'uno non offusca la fama dell'altro; perchè la scienza è un campo sempre vasto abbastanza per geni di tale natura.

XVIII.

Qui finisce il compito nostro.

Non sappiamo tuttavia pigliar congedo dai nostri lettori, senza mettere loro sott'occhio un quadro dei progressi dell'elettricità, dal cominciare del secolo XIX sino ai tempi nostri. Ciò riputiamo non inutile, nè inopportuno, a dimostrare la importanza delle scoperte fattesi sullo scorcio del secolo XVIII, e la efficacia dalle medesime esercitata sull'avanzamento degli studi elettrici. Perciocchè, se si eccettuano i lavori di Poisson sull'elettricità statica, pubblicati nel

1811, l'istoria dell'elettricità sino al 1820, è la pura e semplice storia della pila di Volta; e la esposizione dei fatti luminosissimi dell'attuale periodo, ch'ebbe principio con l'esperienza fondamentale di Oerstedt, è ancor essa l'istoria d'una scoperta, fatta col mezzo della pila, e riguardante una proprietà della pila medesima, vogliam dire l'azione, che la corrente elettrica esercita sovra i corpi magnetici.

Non appena inventata, la pila già era nelle mani dei fisici e dei chimici, ai quali il novello apparecchio presentavasi promettitore di grandi scoperte. Ciò scriveva H. Davy sin dal luglio del 1800; e più esplicitamente ancora annunziava il Berthollet; il quale, ricordando gli effetti chimici ottenuti dal Volta, dal Brugnatelli, dal Carlisle, dal Nicholson, dal Cruikshank, ed altri fenomeni congeneri osservati dal Ritter, dall'Henry e dal Carradori, disse che la chimica veniva ad acquistare nella pila un agente, da cui sarebbersi ottenuti degli effetti di combinazione e di decomposizione chimica superiori a quelli stessi, che il calorico produce. — Pochi mesi bastarono alla pila per avverare la profezia.

Le ricerche intraprese nel 1804 da Hisinger e da Berzelius cominciarono a mettere in piena evidenza il fatto, che la corrente operava la decomposizione dei sali, e ne trasportava gli elementi a ciascuno dei poli della pila. — Non erano tuttavia dissipate molte false idee intorno al modo di azione dell'elettricità: attribuendosi a questa non solo la facoltà di sciogliere le chimiche combinazioni, ma eziandio quella di comporre corpi diversi con qualunque materia.

A correggere queste idee comparvero nel 1806, e negli anni successivi, gli stupendi lavori dell'illustre chimico inglese Humphry Davy: il quale con lo stesso genio, che aveva guidato il Volta nell'esaminare l'esperienza del Galvani, seppe analizzare la scoperta della pila. Investigando i misteri dell'azione chimica dell'apparato Voltaico, dimostrò che la pila nulla crea, ma che nulla eziandio resiste alla sua potenza di decomposizione, e giunse da ultimo, per essa, ad arricchire la

chimica di nuovi metalli e, quel che è più, di nuove teorie, che ne mutarono l'aspetto e l'indirizzo. Infatti egli mostrò dapprima che i principi alcalini ed acidi, i quali appaiono ai due poli, nella decomposizione dell'acqua, provenivano o dal non esser l'acqua chimicamente pura, o dalla parziale decomposizione della sostanza medesima de' recipienti promossa dalla corrente elettrica. — Esaminando poscia sopra molte sostanze la forza decomponente dell'elettricità scuoprì il modo e le leggi di sua azione. Riconobbe che le parti costitutive dei corpi, separate dall'elettricità, potevano essere dall'azione della corrente medesima trasportate attraverso a tutte le sostanze acquose, alle soluzioni saline, acide, alcaline, ed agli stessi tessuti vegetali ed animali, senza che le sostanze, le quali avevano servito alla trasmissione, serbassero, nel più de' casi, la menoma traccia del passaggio di questi elementi alcalini od acidi: come se le virtù particolari di questi venissero al tutto paralizzate dall'elettrico agente, che li trasportava dall'uno all'altro polo della pila. — Questi fatti lo convinsero sempre più della straordinaria potenza del fluido elettrico, e lo indussero a cimentare con esso gli alcali e le terre, che avevano fino allora resistito ai mezzi consueti dell'analisi chimica: ai quali tentativi era pur mosso dalla opinione, radicata nella sua mente, che le maggiori affinità de' corpi si potessero vincere con la forza poderosa dell'elettrico. Giunse infatti ad ottenere liberi il potassio ed il sodio, combinandoli col mercurio non appena si formavano, e volatilizzando poscia quest'ultimo per mezzo del calore. In uguale maniera ottenne le amalgame di bario, di calcio, di stronzio. Rappresentiamoci, dice De la Rive, la rivoluzione prodigiosa portata nella chimica, dalla scoperta, sia di questa decomposizione, che faceva rientrare una serie intera di corpi, riguardati finallora come elementi, nella classe dei corpi composti, sia di questi metalli così leggeri, così infiammabili, così diversi dagli altri, di cui la chimica si trovò arricchita d'un tratto, e che dovevano, per le loro diverse combinazioni, dar origine a tanti

nuovi composti. E quando si pensa alla efficacia, che più tardi esercitò la scoperta della decomposizione delle terre e degli alcali sui progressi non solo della chimica, ma di tutte le scienze naturali, e particolarmente della mineralogia e della geologia, non si può a meno di ammirarla oggi più ancora, che non al momento, nel quale essa avvenne. Compiva pertanto la Francia nel 1808 un atto di giustizia, sommamente dicevole a nazione colta e oivile, allorchè obbliando di essere in fierissima guerra col popolo Inglese, decretava a H. Davy il premio (di 3000 lire) stabilito dal primo Console.

È ancora merito del Davy l'aver posto le basi della teoria elettrochimica. Già i fisici del secolo precedente avevano espressa la opinione, che il fuoco elementare fosse causa del calore, della luce, delle azioni magnetiche e delle chimiche: e, senza alcuna nozione positiva, avevano presentato altresì l'uffizio rivelantissimo dell'elettricità nell'universo materiale. Wilke, Ritter, Winterle, e quindi Oerstedt, nel 1799 e nel 1800, cominciarono a ricercare le relazioni esistenti tra le forze elettriche e le chimiche.

Davy poscia stabilì che quando due sostanze possono combinarsi fra loro si costituiscono pel contatto in due stati elettrici opposti; e che la riunione dei due fluidi, che avviene all'atto della combinazione, è sorgente di fuoco, ossia di calore e di luce.

La quale teoria amplificata dal valente chimico svedese Berzelius, divenne la base della chimica moderna. Egli determinò dei rapporti fra il potere elettrico e le proprietà chimiche dei singoli corpi, dividendo questi nelle due grandi classi di elettro-positivi, ed elettro-negativi, secondo che appaiono nelle decomposizioni al polo negativo od al polo positivo della pila, e stabilì il principio, che le combinazioni non possono aver luogo che fra corpi costituiti in un diverso stato elettrico.

XIX.

Mentre in Francia Gay-Lussac e Thénard, con una pila di 600 coppie di rame e zinco (della totale superficie di 54 metri quadrati) regalata da Napoleone alla Scuola Politecnica, confermavano i risultati chimici ottenuti dal Davy, e riconoscevano la efficacia del numero delle coppie, e del grado di acidità del liquido in esse adoperato, si continuavano in Inghilterra altre bellissime ricerche intorno alle proprietà fisiche e chimiche della corrente eccitata dalla pila. *L'Institution Royale* di Londra forniva il suo laboratorio chimico di una batteria voltaica di 2000 coppie, presentanti la complessiva superficie di 128000 pollici quadrati. Poco dopo un ricchissimo privato, Children, facevasi costruire una pila di 21 elementi o coppie, ciascuna delle quali aveva la superficie di 32 piedi quadrati.

Con queste pile gagliarde si produssero fenomeni di calore e di luce superiori a quanto con mezzi artificiali s'avesse mai potuto ottenere. Con la prima di esse Davy eseguiva la prima volta la esperienza curiosissima della luce elettrica. Tra due punte di carbone, poste a piccola distanza l'una dall'altra, e comunicanti coi poli della pila, usciva un getto ammirabile di luce, emula di quella del sole, non meno per lo splendore, che per l'altissimo calore, ond'era accompagnata. Le sostanze le più infusibili, il platino, il quarzo, lo zaffiro, la magnesia, la calce, sottoposte a questa sorgente di calore e di luce, erano fuse; il carbone e il diamante sparivano, e senza che tuttavia avvenisse reale combustione, col mezzo dell'ossigeno: poichè nel vuoto questa volatilizzazione compivasi anche meglio che nell'aria. — Uguali risultati otteneva Children, con una serie di sperienze cominciate nel 1809, riprese nel 1813, e specialmente nel 1815, con la grande sua pila. Egli fondeva cioè i metalli e gli ossidi più refrattari, arrossava e riusciva a fondere parzialmente anche grossi fili di platino.

Vogliamo qui ricordare che nell'Inghilterra, e nello stesso anno, furono costruiti il più grande e il più piccolo degli apparecchi voltaici, che siansi mai impiegati alla produzione degli effetti calorifici dell'elettricità. Infatti mentre Children poneva in esperimento la enorme pila, di cui abbiamo discorso, Wollaston appianava un ditale di rame, cui aveva tolto il fondo, in modo che le due superficie si trovassero alla distanza di sole due linee l'una dall'altra; collocava poscia tra esse una piccola lastra di zinco, così che non toccasse punto il rame, da cui era avvolta. Poneva quindi in comunicazione i due metalli con un finissimo filo di platino. Immergendo questa pila voltaica, che appena aveva un pollice di superficie, nell'acqua lievemente acidulata, vedeva arrossarsi e quindi fondersi il filo congiuntivo. Dal quale fatto il Wollaston dedusse, che l'intensità degli effetti calorifici e luminosi della pila dipendevano dalla estensione della superficie del metallo negativo: e di qui egli trasse la nuova forma di pila, distinta col suo nome; e Roberto Hare immaginò quella ad elice.

Identiche osservazioni avevano pur fatto i francesi Fourcroy, Vauquelin e Thénard. Riconobbero essi infatti, che ad accrescere la intensità degli effetti calorifici conveniva ingrandire la superficie delle coppie, senza aumentarne il numero: e per contro abbisognava un accrescimento di numero per gli effetti fisiologici e chimici.

Questi effetti di calore e di luce rivelavano viemmeglio la perfetta identità del fluido della macchina elettrica e di quello della pila. La quale identità era stata già in principio del secolo dimostrata dallo stesso H. Davy, e sotto altri punti di vista da Tromsdorff, e particolarmente da Van-Marum e da Pfaff, i quali erano riusciti a caricare una boccia di Leida, facendola comunicare con un polo della pila, in vece della macchina elettrica. — Fin da quel tempo si riconobbe, che la sola differenza tra gli effetti dell'elettricità ordinaria e quelli analoghi nella pila in ciò consiste, che i primi sono istantanei, e i secondi continui; per ciò che la pila possiede la virtù singolarissima

di riprodurre i due fluidi elettrici con quella stessa rapidità, con la quale essi, circolando attraverso alla sostanza conduttrice interposta ai due poli, si riuniscono e si neutralizzano.

XX.

La pila di Volta agevolò la esecuzione delle sperienze intorno agli effetti fisiologici dell'elettricità, le quali già erano state intraprese con l'arco galvanico, sullo scorcio del secolo passato, dagli sperimentatori italiani, e quindi ripetute dai francesi Larrey, Starek, Dumas, Richerand, Dupuytren e Bichat.

Primi sperimentarono con l'apparato Voltaico, e sul corpo di un suppliziato, gli italiani Vassalli-Eandi, Giulio e Rossi, seguiti immediatamente dal dottor Nysten, dalla *Società Galvanica*, creatasi in Parigi, e specialmente dal fisico Giovanni Aldini; il quale a Bologna, a Londra ed a Parigi eccitò lo stupore universale con le sperienze da esso istituite sul cadavere dei suppliziati e sugli animali decapitati. — A queste dell'Aldini furono quasi contemporanee quelle intraprese da una riunione di medici di Magonza, nel 24 novembre 1803, sovra una squadra di briganti, condannati nel capo.

Memorabili furono eziandio le prove fatte, nel 1818, dal dottor Ure, di Glasgow, sul cadavere di un suppliziato, nel quale, non solamente riuscì ad eccitare delle contrazioni gagliarde in ogni muscolo del corpo, ma rinnovò altresì il fenomeno meccanico della respirazione. — Vogliansi da ultimo ricordare le ricerche del dottor Wilson Philip sovra conigli vivi, ne quali, col mezzo della corrente, ristabilì le funzioni interrotte della respirazione e della digestione.

Bastino questi cenni intorno all'applicazione dell'elettricità voltaica alla fisiologia. Al postutto non abbastanza numerose sono le indagini istituite, e troppo incerti sono tuttavia i risultati ottenuti intorno all'azione di questo fluido sull'organismo animale. Onde ci limitiamo ad osservar, che sarebbe conveniente ed utile alla scienza

moderna lo imprendere una nuova e profonda discussione sui rapporti, che possano esistere tra il fluido nervoso e l'elettrico. Perciocchè vuolsi pur confessare, che la teoria del Galvani intorno all'identità dei due fluidi accennati fu ripudiata, quasi senza combatterla. E oramai vede ognuno, che essa ben meritava l'onore della discussione. Dalla quale, quand'anche la teoria del fisiologo Bolognese fosse dimostrata inammissibile, farebbe tuttavia sicuramente la scienza un qualche guadagno.

XXI.

Mentre si progrediva nello studio degli effetti della corrente elettrica, si migliorava altresì la costruzione dell'apparato produttore della medesima.

L'inventore stesso già ne aveva in più maniere modificata la forma, tra le quali aveva preferite quelle a *colonna*, ed a *bicchieri* o *corona di tazze*. — Cruikshank, nel 1802, sostituì ai bicchieri una cassetta a *truogoli*, riducendo così l'apparato di Volta ad una pila a colonna orizzontale, in cui alle rotelle di cartone bagnato è sostituita l'acqua acidula. — Ad accrescere la superficie di contatto del liquido con lo zinco Wollaston, e contemporaneamente ad esso Novellucci ed Accum immaginarono di avvolgere il rame di ciascuna coppia allo zinco della coppia susseguente. — Münch apportò alla pila di Wollaston una modificazione somigliante a quella introdotta da Cruikshank nella pila a colonna; dando cioè al sistema delle coppie una disposizione orizzontale, e facendole pescare in una sola cassetta piena d'acqua acidula. — Offerhaus propose di avvolgere ampie lastre di zinco e rame attorno ad un cilindro, sicchè le coppie fossero immesse le une nelle altre, senza che tuttavia si toccassero; e di immergere questo cilindro in un maggior vaso contenente acqua acidulata. — Similmente Staudion suggerì di avvolgere cilindri cavi di rame a cilindri pieni di

zinco. — Hare di Filadelfia compose il suo *deflagratore* o *calorimotore* avvolgendo le coppie a spirale ed immergendole come le altre, in vaso d'acqua acidula.

Di tutte queste modificazioni della pila le più generalmente adoperate furono quelle di Volta, di Cruikshank e di Wollaston.

Non si tardò tuttavia a riconoscere che la forza della corrente in essa, per più cagioni, rapidamente scemava di intensità: onde alle medesime si sostituirono le pile *a due liquidi*, dette eziandio *a forza costante*. Fu primo il francese Becquerel a proporre, nel 1829, una pila a due liquidi, separati da una membrana. I due liquidi erano l'acido nitrico ed una soluzione concentrata di potassa: e in ciascun d'essi pescava una lastra di platino, oppure di zinco. — Il chimico inglese Daniell sostituì, nel 1836, alla membrana un diaframma di terra porosa; adoperò per liquidi il solfato di rame e l'acido solforico diluito, immergendo nel primo una lastra di rame, e nel secondo una lastra di zinco. — Tre anni dopo, un altro chimico inglese, Grove, surrogò al solfato di rame l'acido nitrico, ed alla lastra di rame il platino. — A rendere poi questa pila più economica il chimico tedesco Bunsen sostituì al platino il carbone di coke convenientemente preparato. E quest'è la pila quasi esclusivamente adoperata nelle applicazioni industriali.

Altre modificazioni, che per brevità tralasciamo dal descrivere, furono proposte da Arrot, dal De la Rive, da Henrici, da Minotto ecc. Accenniamo soltanto la pila a gaz costruita da Grove con lamine di platino separatamente immerse in due campanette, ripiene l'una di gaz ossigeno e l'altra di idrogeno.

La impossibilità di mantenere per qualche tempo a un grado costante di forza la corrente delle pile ad un liquido solo stimolò i fisici a ricercare se non si potesse per avventura ai liquidi sostituire altri corpi capaci di produrre il medesimo effetto. Hachette e Desormes, nel 1803, nelle ordinarie pile di Volta a colonne sostituirono al liquido

la colla d'amido. — Nel 1809, il fisico De-Luc compose una *colonna elettrica* con dischi di zinco e di carta dorata sopra una faccia, sovrapposti alternamente, e nello stesso ordine, in un tubo di vetro. — Finalmente, nel 1812, il fisico italiano Zamboni compose le *pila a secco*, le quali rappresentano una pila a colonna, in cui al liquido è sostituita una sostanza solida igrometrica: nella pila del Zamboni ogni coppia è formata di un foglio di carta argentata o stagnata sopra una delle facce e ricoperta sull'altra d'uno strato di perossido di manganese. — Debolissima questa pila, ha tuttavia il pregio di mantenere per assai tempo costante l'azione sua. — Di questa pila si giovò Bohnenberger per la costruzione di un sensibilissimo elettroscopio.

XXII.

L'origine dell'elettricità negli apparati voltaici diede luogo ad una discussione vivissima, la quale dura tuttavia ai tempi nostri.

Nei fenomeni del Galvanismo alla teoria fisiologica il Volta sostituì come vedemmo, la dottrina fisica del contatto. A questo il Fabbroni e quindi molti altri fisici vollero sostituire la teoria chimica.

Infatti l'anno stesso in cui il Volta annunciava la scoperta della pila, il francese Gautherot, in una pregiata memoria, letta alla *Società flotechnica* di Parigi, confutava la dottrina del fisico italiano: ed a spiegare i nuovi fenomeni elettrici proponeva una teoria, per molti rispetti, identica a quella del Fabbroni. — L'anno appresso l'inglese Wollaston, seguendo le medesime idee, stabiliva il principio generale, che ogni manifestazione di elettricità, anche quella che sorge dall'attrito, riconosce una origine chimica. — Nello stesso anno 1801 il fisico russo Parrot, prese a combattere la efficacia del contatto, e a dimostrare, con molta copia di ragioni e di esperienze, che lo svolgimento dell'elettricità era esclusivamente dovuto alle chimiche azioni, che avvengono tra i metalli ed i liquidi della pila.

Fra la teoria chimica-elettrica e quella del contatto più altre ipotesi intermedie si immaginarono, tra le quali alcune, che si potrebbero dire di conciliazione fra le dottrine del Fabbroni e dei Volta. Così il Pfaff ed Humphry Davy ammettevano il contatto dei corpi eterogenei come causa motrice del fluido elettrico, e supponevano la simultanea intervento delle chimiche azioni come mezzo di circolazione, e quindi di ristabilimento dell'equilibrio del fluido elettrico nella pila. Questa teoria fu accettata da Gay Lussac, da Thénard, e strenuamente difesa in Germania da Jaeger, da Reinhold, da Ermann e da Prechtl.

Malgrado le opinioni più o meno diverse o contrarie, la teoria del Volta fu presso che generalmente adottata sino all'epoca delle scoperte dell'elettro-magnetismo. Dopo che a mezzo del galvanometro l'Avogadro, il Becquerel, il Palmieri, il De la Rive, il Faraday ed il Nobili, con molti fatti sperimentali, dimostrarono lo svolgimento d'elettricità per chimiche azioni, risorse la teoria chimico-elettrica per opera specialmente di Augusto De la Rive, del Faraday e del Matteucci, e si guadagnò il favore segnatamente dei fisici di Francia e d'Inghilterra.

Frattanto la teoria del contatto nell'Alemagna, dove già ebbe a propugnatori Behrends, Hildebrant e Gilbert di Lipsia, fu ai tempi nostri calorosamente difesa da Ohm, da Poggendorff, da Fechner e da più altri; in Francia fu sostenuta dal valente fisico Pecllet; e in Italia han combattuto onorevolmente per essa il Marianini, il Zamboni, il Belli, il Maiocchi, ecc.

Attualmente si accresce il numero dei fisici, i quali avvisano che lo svolgimento dell'elettricità debba ripetersi da un'azione molecolare e quasi *catalitica*. Questa ipotesi, sostanzialmente poco diversa dall'una e dall'altra delle accennate teorie, porrebbe fine alle divergenze dei fisici intorno all'origine dell'elettricità nella pila.

Col 1820 s'inaugurò il periodo attuale della scienza elettrica, il quale più specialmente riguarda lo studio delle relazioni esistenti fra l'elettricità ed il magnetismo.

• Con l'adozione dell'ipotesi di due fluidi magnetici, analoga a quella precedentemente stabilita di due fluidi elettrici, si accennava dai fisici del secolo passato ad una qualche affinità tra i due ordini di fenomeni. Partendo anzi dal fatto della calamitazione indotta ne' corpi magnetici dalle scariche del fulmine, il Beccaria argomentava di una qualche circolazione di fluido elettrico nel globo, donde supposeva traessero le calamite e i corpi magnetici la loro particolare virtù. Ma queste erano semplici induzioni, o se vuolsi, divinazioni del genio, ma non conseguenze di fatti sperimentali. Le due classi di fenomeni presentavano tuttavia una connessione più apparente, che reale: e il vero punto di loro unione scuoprivasi più tardi, e per mezzo della pila di Volta.

Gian Domenico Romagnosi osservava, nel 1802, che un ago calamitato, mobile sopra un perno, e sottoposto all'azione della corrente elettrica deviava dalla sua naturale direzione. La osservazione del Romagnosi fu annunziata dalla gazzetta di Trento, il 3 agosto 1802, e ricordata quindi dai prof. Aldini ed Izarn. — In quell'anno medesimo Coulomb comunicava all'Accademia delle scienze di Parigi una serie di sperimenti, coi quali dimostravasi che tutti i corpi godono, quali più, quali meno, della proprietà magnetica.

Le due osservazioni del Romagnosi e del Coulomb, importantissime, quant'altre mai, al progresso della elettricità e del magnetismo ed allo studio delle loro reciproche relazioni, furono dimenticate dai fisici allora intenti a ricercare gli effetti chimici dell'apparato voltaico. Infine Oerstedt, segretario dell'Accademia delle scienze di Copenaghen, in una memoria indirizzata ai dotti d'Europa nel 1819, faceva

conoscere una serie di sperienze, incominciate già da più anni, con le quali era giunto a stabilire il vero punto di contatto fra l'elettricità ed il magnetismo. — Congiungendo i due poli della pila con un filo metallico, ed accostandolo poscia ad un ago calamitato mobile, egli rinnovò il fenomeno osservato già dal Romagnosi: ed esaminandolo in ogni parte riconobbe che la deviazione dell'ago calamitato facevasi più o meno grande col variare dell'intensità della corrente e della distanza del filo conduttore, e che il senso della deviazione dipendeva dalla direzione della corrente nel filo e dalla posizione di questo sopra o sotto l'ago calamitato.

Con lo sperimento di Oerstedt fondavasi la scienza dell'elettromagnetismo: e a cominciare dall'anno 1820 le scoperte si succedettero con maravigliosa rapidità ed eziandio con grandissimo frutto per la scienza dell'elettricismo. Fra quanti impresero ad investigare i nuovi fenomeni si distinse l'illustre fisico francese Ampère. Questi si impadronì della scoperta di Oerstedt, appena fu annunziata, ed esprime in una legge generale l'azione della corrente sull'ago calamitato: e poscia con una serie di ricerche teoriche e sperimentali, condotte con profondo accorgimento, trasse da quel fatto una scienza nuova, la elettrodinamica. — Invero esaminando dapprima l'azione vicendevole delle elettriche correnti trovò che, le medesime essendo parallele, si attraggono o si respingono se dirette ugualmente o contrariamente. Più tardi riconobbe che due correnti angolari si attraggono, se entrambe dirette al vertice dell'angolo o discostantisi dal medesimo, e si respingono, se mentre l'una si dirige al vertice dell'angolo, l'altra se ne discosta. Della quale legge, l'azione delle correnti parallele veniva ad essere un caso particolare. Riconobbe infine che l'azione di una corrente sinuosa uguaglia quella d'una corrente rettilinea di lunghezza uguale in proiezione. — Ritornando allora allo studio dell'azione della corrente sulla calamita e rendendo questa fissa e quella mobile, trovò identità d'azione, come nell'esperienza primitiva

di Oerstedt, ed eziandio come fra due correnti, e quindi conchiuse che al magnete potevasi sostituire una corrente disposta perpendicolarmente alla sua lunghezza.

Di qui risultava che, supponendo la calamita un complesso di correnti chiuse, parallele fra loro e perpendicolari all'asse della calamita, circolanti intorno alla medesima da oriente ad occidente nella parte inferiore, potevasi facilmente dar ragione di tutti gli accennati fenomeni: i quali riducevansi ad altrettanti casi di vicendevole azione attrattiva o ripulsiva delle correnti. Ampère realizzò questo concetto avvolgendo in elica un filo metallico, coperto di seta e percorso dalla corrente. Questo *cilindro elettrodinamico* era, quasi dissi, un *magnete elettrico*, poichè nel fatto si comportava come un ago calamitato, attraendo e respingendo un ago magnetico, secondo che gli si accostava per l'uno o per l'altro polo, ed in uguale maniera comportandosi con un altro cilindro elettrodinamico, secondo la direzione rispettiva delle correnti nell'uno e nell'altro. — Gli fu quindi facile lo spiegare l'azione vicendevole di due magneti, considerando questi come cilindri elettrodinamici, per ciò solo differenti fra di loro, che ne' primi la magnetizzazione stabilisce le correnti elettriche in modo permanente, laddove nel secondo la pila le produce per quel solo tempo che trovansi in attività. Quindi il magnetismo, per sentenza di Ampère, diventava un caso particolare di elettrodinamica.

Con questi principi l'Ampère spiegava il fatto della rotazione di una corrente intorno al polo d'una calamita, osservato dal Faraday nel 1821; non che quello analogo della rotazione del mercurio, osservato poco dopo dal Davy. Sostituendo alla calamita le correnti circolari riproduceva lo stesso fenomeno di rotazione riconosciuto dal Faraday, e quindi traeva, come conseguenza della teoria elettrodinamica, la rotazione di una calamita sul proprio asse. « Un moto, scriveva l'Ampère, che si continua sempre nel medesimo senso, malgrado l'attrito e la resistenza dei mezzi, e questo moto prodotto per l'azione

mutua di due corpi, che restano sempre nel medesimo stato, è un fatto senza esempio in tutto quello che noi sapevamo delle proprietà della materia inorganica: esso prova che l'azione emanante dai conduttori voltaici non può essere dovuta ad una distribuzione particolare di certi fluidi in riposo in questi conduttori, come lo sono le attrazioni e le ripulsioni elettriche ordinarie. *Non si può attribuire quest'azione che a dei fluidi in moto nei conduttori*, cui essi percorrono portandosi rapidamente da un'estremità all'altra della pila ».

Ampère diede in seguito la espressione analitica dei fenomeni elettrodinamici, rappresentando con altrettante formole non solamente l'azione mutua delle correnti fra loro, e quella dei magneti e delle correnti, ma eziandio l'azione reciproca di due magneti. Le quali ricerche, meglio che i fatti d'altronde chiarissimi, giovarono a confermare la teoria elettrodinamica.

Ottimo criterio per giudicare la nuova teoria era quello di riconoscere se la terra esercitasse sulle correnti la medesima azione, che sovra gli aghi calamitati. Lo sperimento confermò le previsioni di Ampère: una corrente circolare mobile disponevasi perpendicolarmente al meridiano magnetico, circolando da E. ad O. nella parte inferiore del circuito; ed una spirale elettrodinamica prendeva la stessa posizione dell'ago calamitato. Dal che Ampère argomentò che il magnetismo terrestre eziandio fosse dovuto a correnti elettriche circolanti nella terra normalmente alla direzione dell'ago. — Quindi all'azione di queste correnti egli attribuì il fenomeno osservato nel 1822, della rotazione continua di una corrente sotto l'azione del globo terrestre, come già era accaduta sotto l'azione d'una calamita. Di qui traevansi ancora la ragione dei fatti riconosciuti, nello stesso anno 1822, da De la Rive dell'azione direttrice della terra sulle correnti chiuse rettangolari, verticali ascendenti o discendenti, orizzontali.

Nè meno evidente conferma riceveva la teoria di Ampère dall'azione delle correnti e della calamita sui corpi magnetici. Poco

dopo la scoperta di Oerstedt Arago dimostrava che un filo metallico, percorso dalla corrente, attraeva e magnetizzava la limatura di ferro; e calamitava pure stabilmente un ago d'acciaio. Per tale modo generalizzavasi la teoria elettrodinamica, e frattanto scuoprivasi un mezzo facile e pronto di ridurre l'acciaio in calamita, e di formare col ferro dolce piegato a guisa di ferro a cavallo, ed avviluppato da una spirale metallica, dei potenti elettromagneti, la cui azione si ottiene e si distrugge istantaneamente, introducendo nella spirale di esso la corrente, od interrompendone la circolazione. Lo stesso avviene pure del ferro posto in contatto con una forte calamita, oppure distaccato da questa. Quindi il ferro, secondo la teoria di Ampère, facilmente acquista le correnti elettriche, ordinate a quel modo che già fu detto; e facilmente eziandio nello stesso si distrugge un sì fatto ordinamento.

Frattanto, nel 1825, Arago riconosceva l'azione, che i metalli esercitano sulle oscillazioni di un ago calamitato, e dall'esame di essa deduceva quei fenomeni, che si compresero sotto la impropria denominazione di *magnetismo di rotazione*. I quali successivamente studiati da Babbage, da Herschell, da Nobili, dal Baccelli, e specialmente dal Barlow, furono poscia modificati da Ampère con la sostituzione di una spirale elettrodinamica all'ago calamitato. — Non seppesi dapprima dar ragione di tali fenomeni, i quali per ciò formano per alcuni anni una classe da sè: n'ebbesi poscia naturale spiegazione nelle scoperte, che simultaneamente erano fatte, nel 1834, dall'Inglese Faraday e dagli italiani Nobili ed Antinori, e prima di essi ancora dal Zantedeschi, ed analizzate più tardi con assai diligenza dal Matteucci. Dimostravano essi infatti che una corrente in un'elica svolge un'altra corrente in un'altra elica: e che lo stesso effetto si produce con una calamita. È questa, dice il De la Rive, la prima esperienza, nella quale si vide il magnetismo a svolgere elettricità; onde stabilivasi sovra una nuova base la identità già sì probabile dei due agenti. — Il Faraday alle correnti indotte magneto-elettriche aggiunse

le telluro-elettriche. Quindi i fisici Nobili, Antinori, Piaii, Clarke, Palmieri e Santi-Linari e Ruhmkorff costruirono le macchine, con cui si ottennero dalle correnti indotte gli effetti fisici, chimici e fisiologici delle correnti ordinarie.

Ricordiamo infine che nel 1845 il Faraday e poscia il Bancalari, il Plücker ecc. scuoprirono e dimostrarono l'azione attrattiva o repulsiva, che il magnetismo esercita sovra tutti i corpi, solidi, liquidi e gassosi. Perdeva così la forza del magnetismo quel carattere di esclusività, che le si attribuì per tanto tempo, e che costituiva una delle differenze tra il magnetismo e l'elettricità.

Mentre alla teoria elettrodinamica si andavano subordinando i fatti, dei quali abbiamo dato un brevissimo cenno, si proseguiva lo studio degli effetti, delle proprietà del fluido elettrico e delle varie, maniere di sprigionarlo dai corpi.

La scoperta di Oerstedt agli effetti fisiologici, chimici, calorifici e luminosi, aggiunse i magnetici. — Su questi lo Schweiger fondava, nel 1821, la costruzione del galvanometro, il quale perfezionato quindi dal Becquerel e dal Nobili diventò per la elettricità dinamica uno strumento anche più prezioso, che non sono per la statica l'elettrometro-condensatore del Volta e la bilancia di torsione di Coulomb. — In quell'anno medesimo Seebeck cominciava a dimostrare che il movimento del calorico in circuiti metallici poteva svolgere elettricità, semprechè ineguale fosse la propagazione del medesimo nelle diverse parti del circuito: il che potevasi ad es. ottenere congiungendo fra loro due metalli variamente conduttori del calorico.

La scoperta di Seebeck diede origine alle pile termo-elettriche, ideate da Oerstedt e da Fourier nel 1823, migliorate poscia dal Nobili e così denominate per differenziarle da quelle a liquido del Volta, che si nominarono idro-elettriche o semplicemente voltaiche. — Ne' fenomeni termo-elettrici il Nobili ed il Melloni scuoprirono un mezzo di rendere sensibili gli effetti calorifici, che pella loro minima intensità sfuggivano

ai più delicati termometri. Congiungendo una pila termo-elettrica di bismuto e di antimonio ad un galvanometro composero il *termo-moltiplicatore*, che è quel sensibilissimo strumento, a mezzo del quale il Melloni istituiva le sue ammirabili ricerche sulla *termocrosi*.

XXV.

L'attuale periodo della scienza elettrica si distingue dai precedenti non soltanto per la natura delle investigazioni teoriche, ma eziandio pel numero e per la importanza delle pratiche applicazioni. Invero, come già erasi tentato per gli effetti fisiologici nella terapeutica, da poco più di vent'anni si cominciò a trar partito nelle arti e nell'industria delle proprietà fisiche, chimiche, e specialmente magnetiche della corrente generata nella pila di Volta. Accenniamo innanzi tutto per la priorità di loro origine la illuminazione elettrica e la elettro-doratura. Riconosciuta possibile la prima, dopo lo sperimento della luce ottenuta dal Davy, per mezzo della corrente elettrica, fra due punte di carbone, ed applicata poscia ai fari, nelle miniere ecc. Scoperta la seconda dal Brugnatelli verso il 1803, e fatta risorgere dal De la Rive nel 1828, e quindi perfezionata ed estesa ad altri metalli da Elkington e da Ruolz. — Affini alla scoperta del Brugnatelli e del De la Rive sono la elettrografia del Marianini, la elettrometallocromia del Nobili e del Becquerel, e la galvanoplastica inventata simultaneamente, nel 1838, dal Jacobi in Russia e dallo Spencer in Inghilterra. Nè vuolsi da ultimo tacere l'applicazione della corrente elettrica ai lavori chimici, e specialmente alla preparazione dei corpi semplici.

Ma assai più estese e più utili applicazioni si immaginarono dopo che si riconobbe la virtù magnetica della corrente voltaica. La magnetizzazione potentissima ed istantanea del ferro suggerì al Botto, al Dal Negro ed al Jacobi la costruzione degli elettromotori. — I quali se finora non riuscirono ad emulare, per quanto a forza ed economia i motori ordinari, e specialmente il vapore, di gran lunga li superarono

per il vantaggio di trasportare l'azione loro a distanze anche grandissime senza notevole diminuzione di effetto. Quindi giustamente si paragonò il motore elettro-magnetico ad un braccio, il quale può indefinitamente allungarsi e portare la sua mano dovunque siavi una azione da esercitare. Infatti per tacere degli orologi elettro-magnetici ideati al tempo stesso dallo Steinheil, dal Wheatstone e dal Bain, e dell'elettro-tessitura inventata dal nostro Bonelli, accenniamo soltanto i telegrafi elettro-magnetici. Già dal 1814 Soemmering aveva immaginato la costruzione di un telegrafo elettro-chimico, fondato cioè sulla decomposizione dell'acqua per mezzo della corrente voltaica. Nel 1820 Ampère aveva proposto di adoperare per segnali telegrafici i movimenti dell'ago calamitato sotto l'azione della corrente elettrica: donde vennero poscia i telegrafi ad ago, semplice o doppio, costruiti da Ritchie e da Alexander a Edimburgo, dal Gauss e dal Weber a Gottinga e specialmente da Steinheil in Baviera nel 1837. Ma fu l'applicazione degli elettro-magneti, che rese più semplice, ed anziandio più facile, la costruzione degli apparecchi telegrafici. Infatti a brevissimo intervallo di tempo si costruirono il telegrafo a quadrante di Wheatstone, quello scrivente di Morse, e l'elettro-chimico di Bain, e da ultimo il pantelegrafo del nostro italiano, abate Caselli.

Le numerose applicazioni, di cui fu cenno, hanno chiarita viemmeglio la importanza degli uffizi, che l'elettrico fluido compie nel mondo fisico: e richiamarono ad esso l'attenzione generale. Invero non alla sola fisica propriamente detta, ma alla fisica terrestre, alla meteorologia, alla fisiologia, alla chimica ed alla tecnologia gioveranno i progressi avvenire della scienza dell'elettricismo, i quali, a giudicare dal passato, si argomenta che abbiano ad essere non meno rapidi che segnalati.

Noi quindi poniamo fine a questi cenni storici esprimendo la viva speranza che il più delle future scoperte nella scienza del Beccaria, del Galvani e del Volta, sia ancora riserbato al genio creatore degli Italiani.

MAE 03.156



INDICE

DELLE MATERIE CONTENUTE NELL'OPERA

<i>Dedica</i>	pag.	III
<i>Prefazione</i>	»	V

PERIODO PRIMO.

CONSIDERAZIONI PRELIMINARI SULLO STATO DELL'ELETTRICITÀ NEL
SECOLO XVII.

SEZIONE UNICA.

<i>Origine dell'elettricità e del magnetismo. — Scoperte di Gilbert relative a queste due scienze. — Ricerche e sperimenti di Cobeo; dell'Accademia del Cimento; di Boyle; di Ottone di Guerike. — Conclusione</i>	»	1
--	---	---

PERIODO SECONDO.

PROGRESSI DELLA SCIENZA ELETTRICA NELLA PRIMA METÀ DEL
SECOLO XVIII.

SEZIONE PRIMA.

<i>Cenni sul rapido avanzamento delle scienze naturali in questo secolo. — Scoperte di Hawkesbee, di Grey e di Dufay nell'elettricità</i>	»	24
---	---	----

SEZIONE SECONDA.

<i>Stato della scienza elettrica dopo i lavori di Grey e di Dufay. —</i>	
<i>Miglioramenti nella costruzione degli apparati elettrici. —</i>	
<i>Boccia di Leida e sue prime modificazioni. — Sperimenti dei</i>	
<i>fisici francesi ed inglesi intorno la velocità di propagazione del</i>	
<i>fluido elettrico: loro confronto cogli analoghi sperimenti isti-</i>	
<i>tuiti nel secolo nostro</i>	pag. 49

SEZIONE TERZA.

<i>Popolarità dello sperimento di Leida. — Effetti della scarica elet-</i>	
<i>trica. — Ricerche di Nollet intorno alla influenza dell'elettri-</i>	
<i>cità sull'evaporazione, sulla vegetazione e sulla traspirazione</i>	
<i>degli animali. — Nuova medicina elettrica. Sperimenti di Pi-</i>	
<i>vati e di Nollet. — Applicazione diretta dell'elettricità come</i>	
<i>mezzo terapeutico</i>	» 76

SEZIONE QUARTA.

<i>Indagini e congetture di Nollet e di Muschembroeck intorno alle</i>	
<i>analogie ed alle differenze delle materie costituenti la elettri-</i>	
<i>cità, il fuoco e la luce. — Ipotesi di Nollet e di Jallabert per</i>	
<i>la spiegazione dei fenomeni elettrici. — Riassunto dei progressi</i>	
<i>della scienza elettrica nel secondo periodo (da Hawkesbee a</i>	
<i>Franklin)</i>	» 98

PERIODO TERZO.

PROGRESSI DELLA SCIENZA ELETTRICA NELLA SECONDA METÀ DEL
SECOLO XVIII.

SEZIONE PRIMA.

*Scoperte di Franklin. — Teoria di un fluido solo da lui immaginata
e confermata con l'analisi della boccia di Leida. — Distinzione
dei corpi in buoni e cattivi conduttori dell'elettricità. Ricerche*

relative alla diffusione del fluido elettrico nell'interno ed all'esterno dei corpi, ed all'impenetrabilità del vetro per esso. — Esperienze di Kinnersley sul diverso elettrizzamento del solfo e del vetro, e sugli effetti calorifici della scintilla. — Opinioni dei filosofi anteriori a Franklin intorno alla natura del fulmine. — Congetture di Nollet e di Franklin intorno all'identità della scintilla e del fulmine; analisi e comparazione degli effetti di questo e di quella. — Sperimento proposto da Franklin per esplorare il fuoco delle nubi temporalesche. Risultati delle sperienze istituite in Francia e in America. — Variazioni nello stato elettrico delle nubi. — Potere delle punte. Costruzione dei parafulmini pag. 127

SEZIONE SECONDA.

Condizione degli studi elettrici in Italia prima delle scoperte di Franklin. — Cenno sulle esplorazioni dell'elettricità atmosferica istituite a Bologna e a Firenze. — Risultati delle prime esperienze del padre G. B. Beccaria. Analisi della sua opera sullo elettricismo artificiale e naturale: nella quale ridusse ad unità di principio, secondo il sistema di Franklin, tutti i fenomeni dell'elettricismo; e raccolse le prime sue sperienze intorno al fiocco e alla stelletta; — e al vario grado di resistenza dell'aria, e di conduttività dell'acqua pel fluido elettrico; — all'elettrizzamento dell'atmosfera per eccesso e per difetto; — all'identità dei fenomeni dell'elettricismo naturale e dell'artificiale ecc. » 197

SEZIONE TERZA.

Miglioramenti introdotti nella costruzione delle macchine elettriche, e degli apparati elettroscopici. — Macchina elettrica di Guericke; di Hawkesbee; di Boze; di Winkler; di Nollet; di

Gordon; di Ramsden. — Macchina a doppio fluido di Nairne; di Van-Marum. — Modificazioni eseguite rispetto alla natura ed alla forma del corpo coibente; degli strofinatori; dei conduttori; e degli isolatori. — Della elettrometria. Elettroscopio di Gilbert; di Dufay. — Elettrometro di Darcy e Le Roy; di Nollet; di Canton; di Henley; di Lane; di Cavallo; di Sanssure; di Bennet; di Volta. — Risultati delle sperienze del Volta intorno alla graduazione ed alla comparabilità dei diversi elettrometri. — Bilancie elettrometriche di Cuthbertson e di Coulomb pag. 264

SEZIONE QUARTA.

Dei vari mezzi di eccitamento dell'elettricità ne' corpi. — Delle azioni meccaniche. Risultati delle sperienze di Canton, di Wilson, di Bergman, di Wilke, di Beccaria, e di Coulomb relative al modo di elettrizzazione de' corpi per attrito. — Sperimenti di Epino e del Volta intorno alla pressione ed alla percussione; del Cavallo e del Volta sull'abrasione. — Delle azioni calorifiche. Ricerche di Epino, di Canton, di Bergman e di Priestley sull'elettricità della tormalina. — Giudizi del Beccaria e del Volta sull'origine dell'elettricità, che si svolge nella fusione dei corpi. — Delle azioni chimiche; indagini e sperienze del Volta » 302

SEZIONE QUINTA.

Distribuzione del fluido elettrico sulla superficie dei conduttori isolati. Sperienze del Lemonnier, del Franklin, del Saussure e del Beccaria. — Ricerche del Volta intorno alla varia capacità dei conduttori elettrici. — Risultati delle sperienze di Coulomb intorno alla distribuzione dell'elettrico sovra i conduttori di qualunque forma; e sulla disperdizione dell'elettricità. — Sperienze

del Nollet, del Beccaria e di Epino intorno al vario grado di resistenza dei corpi coibenti, e segnatamente del vetro, al fluido elettrico pag. 333

SEZIONE SESTA.

Dell'induzione od attuazione elettrica. — Sperienze di Canton e di Franklin intorno alle atmosfere elettriche. — Leggi sperimentali dedotte da Wilke; confermate da Epino; ed estese da entrambi allo elettrizzamento d'una lamina d'aria, e d'una lastra di vetro: conclusione di Epino intorno al modo di azione a distanza dei corpi elettrizzati. — Fenomeni di adesione osservati da Symmer; sua ipotesi del doppio fluido. — Sperimenti del Nollet. — Ricerche sperimentali del Cigna sui nastri di seta; sulle lastre di vetro; sui corpi conduttori in contatto di coibenti; sulla sede dell'elettricità negli apparati di Leida; sui residui delle cariche; sulla penetrazione del fluido elettrico nei coibenti; sull'elettrizzamento d'una lamina d'aria. — Ricerche del Beccaria sulle condizioni da cui dipende il vario elettrizzamento dei corpi; sulle atmosfere elettriche; sui movimenti elettrici tra corpi deferenti, e tra deferenti ed isolanti; sui fenomeni di adesione: sua teoria dell'elettricità vindice. — Spiegazione data dal Volta dell'attrazione fra corpi diversamente elettrizzati, del vario modo di elettrizzamento dei corpi strofnati; delle cariche dei vetri; delle atmosfere elettriche; e dei fenomeni dell'elettricità vindice. — Sperienze del Bartolotti sulla penetrazione del fuoco elettrico nella materia dei corpi coibenti; e sulla varia loro resistenza ai fenomeni dell'attuazione: spiegazione da lui data dei fenomeni di elettrizzamento per contatto e per attuazione con l'ipotesi dei due fluidi. — Invenzione dell'elettroforo; e del condensatore. — Riassunto » 357

SEZIONE SETTIMA.

Ricerche intraprese nella seconda metà del secolo XVIII intorno agli effetti ed alla natura dell'elettricità. — Effetti meccanici: risultati sperimentali ottenuti dal Beccaria sull'aria e sull'acqua; da Van-Marum, da Franklin e da Priestley sopra i solidi. — Sperienze di Watson, di Wilson, di Canton, di Beccaria, ecc. sugli effetti luminosi: — Di Kinnersley, di Franklin, di Priestley, di Beccaria, di Volta e di Van-Marum sugli effetti calorifici: — di Franklin, di Dalibard e di Beccaria sugli effetti magnetici: — Di Beccaria, di Volta, di Van-Troostwich e di Paetz sugli effetti chimici: — Di Beccaria e di Volta sugli effetti fisiologici: cenno sulla terapia elettrica. — Ipotesi di Franklin e di Symmer immaginate per la spiegazione dei fenomeni elettrici; ed applicate eziandio ai fenomeni magnetici . pag. 418

SEZIONE OTTAVA.

Elettricità atmosferica. — Osservazioni di Lemonnier, di Mazeas, di Muschembroeck, ecc. — Nuove indagini e scoperte del Beccaria intorno allo stato elettrico delle nubi temporalesche, e dell'aria a cielo sereno. — Continuazione di queste ricerche per opera del Saussure e del Volta. — Ipotesi intorno alla formazione della grandine. — Cenno sull'elettro-fisiologia vegetale. — Definitiva applicazione dei parafulmini. — Cattiva riuscita dei paragrandidini. — Riassunto » 453

SEZIONE NONA.

Dell'elettricità animale e dell'elettricità di contatto. — Prime osservazioni ed esperienze del Galvani sulle contrazioni muscolari della rana prodotte dall'elettricità artificiale e dalla naturale od atmosferica. — Scoperta fondamentale del fenomeno

delle contrazioni muscolari eccitate dal contatto d'un arco metallico. — *Teoria del Galvani; fautori ed avversari di essa.* —

Teoria chimica del Fabbroni. — Lotta fra il Galvani ed il Volta. — Nuove ricerche del Galvani, per le quali fu dimostrata l'esistenza dell'elettricità animale. — Nuove sperienze del Volta: teoria del contatto: scoperta della pila.

Esposizione sommaria dei progressi dell'elettricità, dovuti principalmente alla pila, dal cominciare del secolo XIX ai tempi nostri pag. 512









